

Aus dem Institut für
Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München

Geschäftsführender Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker

**HARNSTOFFKONZENTRATIONEN IN
MILCH UND KÖRPERFLÜSSIGKEITEN
BEI HOCHLEISTUNGSKÜHEN**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von
BERNHARD BEUTLHAUSER
aus
Schierling

München 1982

Aus dem Institut für
Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Geschäftsführender Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker

HARNSTOFFKONZENTRATIONEN IN MILCH UND KÖRPERFLÜSSIGKEITEN
BEI HOCHLEISTUNGSKÜHEN

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von
BERNHARD BEUTLHAUSER
aus
Schierling

München 1982

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. G. Terplan

Referent: Prof. Dr. H. Zucker

Korreferent: Prof. Dr. J. Meyer

Tag der Promotion: 30. Juli 1982



Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung und Problemstellung	1
2. Besprechung der Literatur	3
2.1. Harnstoffmetabolismus beim Wiederkäuer	3
2.1.1. Harnstoff im Verdauungstrakt	3
2.1.2. Verteilung des Harnstoffs im Körper	5
2.1.3. Harnstoffausscheidung	6
2.2. Faktoren, die den Harnstoffgehalt von Blut und Milch beeinflussen	8
2.3. Proteinaufnahme und Fruchtbarkeit	10
3. Eigene Untersuchungen	12
3.1. Versuch 1	12
3.2. Versuch 2	16
3.3. Versuch 3	19
3.4. Versuch 4	21
3.5. Versuche 5-7	23
3.6. Versuch 8	31
3.7. Harnstoffbestimmung	32
3.8. Auswertung und statistische Berechnung	33
4. Ergebnisse	34
4.1. Versuch 1	34
4.2. Versuche 2-4	42
4.3. Versuche 5-7	47
4.4. Sonstige Ergebnisse	56
5. Diskussion	60
6. Zusammenfassung	70
7. Literaturverzeichnis	72
Anhang: Tabellen A 1 bis A 11	79



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548326_0030

1. Einleitung und Problemstellung

In der modernen Milchviehhaltung, die den Kühen immer höhere Leistungen abverlangt, ist eine bedarfsgerechte Fütterung unerlässlich. Struktur und Inhaltsstoffe des angebotenen Futters müssen stimmen, wenn die Kühe ihre genetisch vorgegebene Leistung erreichen und ohne gesundheitliche Störungen halten sollen.

Fütterungsfehler, die in der Praxis immer noch relativ oft vorkommen, belasten einerseits die Gesundheit der Tiere, andererseits aber auch den Geldbeutel des Landwirts. Diese Mängel zu erkennen und zu beseitigen muß also Ziel von Tierhalter und Tierarzt sein.

Fehler in der Versorgung mit Mineralstoffen, Spurenelementen und Vitaminen führen oft zu akuten Erkrankungen und sind vielfach an ihren Auswirkungen auf das Tier eindeutig zu erkennen. Mißverhältnisse zwischen Protein- und Energieversorgung führen nicht unbedingt zu Erkrankungen der Kühe und sind aus diesem Grund oft nur schwer festzustellen.

Frühere Untersuchungen in unserem Institut haben ergeben, daß der Harnstoffspiegel im Blutserum in gewisser Abhängigkeit zum Protein- und Energiehaushalt von Milchkühen steht. Insbesondere für gravierende Mißverhältnisse zwischen Protein- und Energieaufnahme ist der Serumharnstoffspiegel ein guter Indikator. Es wurde auch gezeigt, daß die Harnstoffkonzentrationen in Serum und Milch praktisch identisch sind. Es ist also nicht notwendig, Blutproben zu nehmen; vielmehr können zur Feststellung der aktuellen Versorgungslage von Milchkühen Harnstoffwerte von Milchproben herangezogen werden, was eine wesentliche Vereinfachung darstellt.

Mit der vorliegenden Arbeit sollte an Hochleistungskühen geprüft werden, ob sich der Harnstoffspiegel in der Milch zur Erkennung von Imbalanzen zwischen Protein- und Energieaufnahme eignet. Hierbei sollte bei einer größeren Anzahl von Milchkühen die Futteraufnahme möglichst genau ermittelt, die Milchleistung festgestellt und schließlich die Harnstoffkonzentration in der Milch bestimmt werden.

Auch von verschiedenen Körperflüssigkeiten (Speichel, Blut, Plasma) sollten die Harnstoffwerte bestimmt werden und mit dem Harnstoffgehalt der Milch verglichen werden, teils zur Überprüfung früherer Untersuchungen, teils zur eventuellen Vereinfachung der Methodik (z. B. Verwendung von Speichelproben anstelle von Blutproben bei trockenstehenden Kühen). In dieser Arbeit sollte auch ein neuentwickeltes Reflexionsphotometer auf seine Tauglichkeit im Feld geprüft werden.

2. Besprechung der Literatur

2.1. Harnstoffmetabolismus beim Wiederkäuer

2.1.1. Harnstoff im Verdauungstrakt

Von Harnstoff können dem Rind bis zu etwa 100 Gramm täglich ohne die Gefahr einer Ammoniakvergiftung zugeführt werden, wenn das Futter genügend Energie (insbesondere Stärke) enthält (STÜBER, 1978). Im Pansen nämlich wird dieser Harnstoff durch Bakterien mit Ureaseaktivität in CO_2 und NH_3 gespalten. Das Ammoniak dient den Pansenmikroben zum Aufbau ihres Zelleiweißes, das letztendlich dem Wiederkäuer als hochwertiges Nahrungsprotein zur Verfügung steht.

Von größerer Bedeutung als Futterharnstoff ist der endogen entstehende Harnstoff. Überschüssiges Ammoniak nämlich, das von den Pansenmikroben nicht zur Eiweißsynthese verwendet wird, wird in der Leber in einem Kreisprozeß zu Harnstoff entgiftet, der im Blutgefäßsystem erscheint. Von dort gelangt er durch einfache Diffusion in den Pansen (HOUPPT und HOUIT, 1968). Das Konzentrationsgefälle als Voraussetzung für diesen Prozeß wird in erster Linie von ureaseaktiven Bakterien aufrechterhalten, die ihren Sitz im Pansenepithel haben (CHENG und COSTERTON, 1980). Der Einstrom von Harnstoff wird also durch die Ureaseaktivität der Bakterien gesteuert; diese wiederum ist umgekehrt proportional zur Ammoniakkonzentration des Panseninhalts (CHENG und WALLACE, 1979). Bei ausreichendem Angebot von Energie im Futter können die Mikroorganismen im Pansen das anfallende Ammoniak zur Proteinsynthese heranziehen, und der Einstrom von Harnstoff durch die Pansenwand geht weiter. Bei Energiemangel dagegen steigt die Ammoniakkonzentration im Pansen an, die Ureaseaktivität der Bakterien nimmt ab, und der Harnstoffeinstrom wird verlangsamt.

Endogener Harnstoff gelangt noch auf einem zweiten Weg in den Pansen, nämlich über den Speichel. Die Harnstoffkonzentration im Speichel beträgt beim Rind etwa zwei Drittel des Plasmaharnstoffspiegels (HILL, 1976). Nach SOMERS (1961) stehen diese beiden Größen in signifikanter Korrelation zueinander. Quantitativ ist jedoch die über den Speichel in den Pansen gelangende Harnstoffmenge nicht so bedeutend: Beim Schaf strömt 16mal mehr Harnstoff direkt über den Blutweg in den Pansen (HOUPTE, 1959), nach JUHÁSZ (1970) ist die über den Blutkreislauf in den Pansen gelangende Stickstoffmenge fünf- bis zehnmal größer als der mit dem Speichel einfließende Anteil.

Der Einstrom von Harnstoff aus dem Blutgefäßsystem ist nicht nur auf den Pansen beschränkt. Die Mikroorganismen im Dickdarm bestreiten ihren Eiweißstoffwechsel teilweise mit Verdauungsenzymen und abgeschilferten Epithelzellen, aber auch mit Harnstoff, der in den Dickdarm diffundiert (STEVENS et al., 1980). Die Ureaseaktivität der Mikroben im Blinddarm ist zwar nicht so hoch wie die der Pansenmikroorganismen (HECKER, 1971a); die Tatsache aber, daß die Bakterien in Caecum und Colon neben Ureaseaktivität auch noch andere Enzymaktivitäten (z. B. Desaminierung) besitzen, gibt Hinweise darauf, daß sich in Dickdarm und Pansen qualitativ ähnliche Vorgänge im Protein- und NPN-Stoffwechsel abspielen.

Das im Dickdarm beim Abbau von Eiweiß und Harnstoff anfallende Ammoniak, das nicht zur Proteinsynthese der Mikroorganismen verwendet wird, diffundiert in die Blutbahn über (HECKER, 1971b), wird zur Leber transportiert und dort zu Harnstoff entgiftet, der wiederum in den Verdauungstrakt gelangen und dort zur bakteriellen Proteinsynthese herangezogen werden kann (ULYATT et al., 1975). Dieser Kreisprozeß hilft also dem Wiederkäuerorganismus bei der Einsparung von Stickstoff.

Unverdautes Eiweiß, das auch von den Bakterien nicht verwertet werden kann, und auch bakterielle Proteine und Aminosäuren sind für den Organismus verloren, wenn sie bis in den Enddarm gelangt sind. Im Kot von Wiederkäuern ist relativ viel Eiweiß enthalten: BHATTACHARYA und TAYLOR (1975) fanden im Kot von Kühen einen Rohproteingehalt von 12,7 %, der Gehalt an wahren Protein betrug 12,54 %. Somit errechnet sich ein NPN-Gehalt von nur 0,16 % (bezogen auf Trockensubstanzbasis).

Auch beim Menschen ist der NPN-Anteil in den Faeces sehr gering, wie WRONG et al. (1970) zeigten. Harnstoff ließ sich im Dialysat überhaupt nicht und Ammoniak nur in sehr geringen Mengen nachweisen. Offenbar sind also im menschlichen Enddarm ureaseaktive Keime vorhanden.

Beim Schaf fand HECKER (1971a) in den Faeces eine mehr als doppelt so hohe Ureaseaktivität wie im Panseninhalt, eine Tatsache, die gut mit den oben erwähnten Ergebnissen von BHATTACHARYA und TAYLOR (1975) in Einklang zu bringen ist, die im Wiederkäuerkot nur sehr wenig Nichtproteinstickstoff fanden.

2.1.2. Verteilung des Harnstoffs im Körper

Der Harnstoffverteilungsraum umfaßt nach Angaben von HARMEYER et al. (1973) beim Wiederkäuer 50-55 % der Körpermasse, bei anderen Haussäugetieren 60-70 %. Dieser Unterschied ist durch die beim Wiederkäuer größere Masse des Verdauungstraktes bedingt. Harnstoff- und Wasserverteilungsraum waren in Versuchen von COCIMANO und LENG (1967) bei normal ernährten Schafen annähernd gleich. Bei Tieren, die nicht hungern, hat die Blutharnstoffkonzentration keinen Einfluß auf die Größe des Harnstoffverteilungsraumes im Körper (HARMEYER et al., 1973). Es besteht aber sehr wohl eine enge Beziehung zwischen Plasmaharnstoffspiegel und dem Harnstoffpool des Körpers, was zeigt, daß Harnstoff leicht durch die meisten Zellmembranen diffundieren kann (HARMEYER und MARTENS, 1980).

Von Interesse ist weiterhin das Verhältnis von intrazellulärer zu extrazellulärer Harnstoffkonzentration. Nach den Ergebnissen von HARMEYER et al. (1973) liegt Harnstoff in Plasma- und Muskelwasser in gleicher Konzentration vor. Eine Erhöhung der Harnstoffkonzentration ist in ihrem Ausmaß in beiden Kompartimenten gleich.

2.1.3. Harnstoffausscheidung

Harnstoff wird beim Wiederkäuer wie bei den anderen Haus-
säugern fast nur über die Nieren ausgeschieden.
Die Filtration des Plasmas durch die Membran des Glomeru-
lums ist ein rein passiver Vorgang, der infolge des hydro-
statischen und osmotischen Druckgefälles über die Kapil-
larmembran abläuft. Kleinmolekulare Stoffe können die
Poren der Kapillaren leicht penetrieren, großmolekulare
Substanzen (z. B. Albumin) werden zurückgehalten. Harn-
stoff wird ähnlich wie Wasser frei filtrierte, weil der
Durchmesser des Harnstoffmoleküls im Vergleich zum maxi-
malen Porendurchmesser sehr gering ist (DEETJEN et al., 1973).
Von der BOWMANschen Kapsel gelangt das Ultrafiltrat weiter
zum proximalen Tubulus, wo etwa 60 % reabsorbiert werden.
Die Flüssigkeit in diesem Abschnitt bleibt isoton, d. h.,
es treten Wasser und osmotisch wirksame Substanzen, also
auch Harnstoff, im gleichen Verhältnis ins Interstitium aus.
Die Permeabilität für Harnstoff ist im proximalen Tubulus
etwa gleich der des absteigenden und aufsteigenden Schen-
kels der HENLEschen Schleife, während die Durchlässig-
keit des distalen Konvoluts und des kortikalen Anteils
der Sammelrohrs wesentlich geringer ist (ULLRICH, 1973).
Die Wasserpermeabilität in diesem äußeren Abschnitt der
Sammelrohrs ist wesentlich höher und steigt unter dem
Einfluß von ADH noch weiter an, während die Durchlässig-
keit für Harnstoff mit diesem Hormon nicht gesteigert
werden kann (BURG et al., 1970). In den medullären Sam-
melrohren erhöht ADH sowohl die Harnstoff- als auch die

Wasserpermeabilität (MORGAN und BERLINER, 1974), so daß Harnstoff aus dem Lumen über das Interstitium in die HENLEschen Schleifen gelangen kann.

Wenn das Konzentrationsgefälle zwischen Sammelrohr und HENLEscher Schleife sehr groß wäre, würde sehr viel Harnstoff zurückdiffundieren, und die Ausscheidung wäre ineffektiv. Zur Erhöhung der Harnstoffkonzentration in der HENLEschen Schleife läuft dort ein Konzentrierungsmechanismus ab, für den einerseits der Ausstrom von Wasser aus dem absteigenden Schenkel, andererseits der Einstrom von Harnstoff aus dem Interstitium verantwortlich ist. Bei diesem durch das Gegenstromprinzip erkläraren Vorgang erfolgt eine Zunahme der Harnstoffkonzentration zur Schleifenspitze hin. Durch diesen Anstieg der Harnstoffkonzentration wird die Diffusionsgeschwindigkeit des Harnstoffs aus den Sammelrohren verlangsamt und somit die Ausscheidung des Harnstoffs effektiviert (DEETJEN et al., 1973).

Die Menge des ausgeschiedenen Harnstoffs ist in erster Linie abhängig von der Blutharnstoffkonzentration (THORNTON und WILSON, 1972). Doch auch die Größe der glomerulären Filtrationsrate (GFR) ist für die ausgeschiedene Menge an Harnstoff mitverantwortlich. Beim Wiederkäuer bleibt die GFR unverändert, wenn Futter mit 8-20 % Rohproteingehalt angeboten wird. Sinkt jedoch der Rohproteingehalt des Futter für längere Zeit unter die untere Schwelle, wird die Rückresorption bis zu 90 % der glomerulär filtrierte Menge gesteigert (HARMEYER und MARTENS, 1980). Der Organismus des Wiederkäuers verhält sich also bei Eiweißmangel sehr ökonomisch und kann durch Steigerung der Rückresorption von Harnstoff beträchtliche Mengen an Stickstoff einsparen.

2.2. Faktoren, die den Harnstoffgehalt von Blut und Milch beeinflussen

Nach den Ergebnissen von ECKART (1980) kann man davon ausgehen, daß Harnstoff in Serum und Milch in gleicher Konzentration vorliegt. Der Autor fand nämlich zwischen diesen beiden Größen eine sehr hohe Korrelation ($r = 0,97$) und folgerte daraus, daß sie in der Praxis einander gleichgesetzt werden können.

Harnstoff-N stellt mit etwa 50 % den größten relativen Anteil des Nichtprotein-Stickstoffs (NPN) in der Kuhmilch dar (WOLFSCHOON-POMBO et al., 1981). JOURNET et al. (1975) stellten fest, daß bei Weidetieren der NPN-Anteil im Vergleich zu Stalltieren um 30-50 % erhöht war. Die Autoren erklärten diese Abweichungen des NPN-Anteils (und damit auch des Harnstoffs) mit dem relativ proteinreichen und kohlenhydratarmen Gras, wie es ja im Frühling auf den Weiden wächst. ERBERSDOBLER und ZUCKER (1978) konnten ebenfalls starke Schwankungen des Harnstoffgehaltes von Magermilchpulver feststellen, als sie die Jahresproduktion eines Milchpulverwerkes untersuchten. Die Autoren erklärten die Verdoppelung der Harnstoffkonzentration im Milchpulver mit der starken Abnahme der Energie im Futter während der Trockenperiode im Jahr 1976 und mit dem relativ hohen Proteingehalt im Futter nach Einsetzen des Regens.

Nach ERBERSDOBLER et al. (1979) liegt die Milchharnstoffkonzentration bei Proteinüberschuß und knapper Energiezufuhr im Futter bei Werten von über 30 mg/100 ml, bei knapper Proteinzufuhr dagegen unter 15 mg/100 ml. Bei einem ausgeglichenen Verhältnis zwischen Protein- und Energieversorgung lagen die Werte stets zwischen 15 und 25 mg/100 ml. In anderen Versuchen zeigten ERBERSDOBLER et al. (1980), daß eine Steigerung der Proteinzufuhr von 57 g verdaulichem Eiweiß (v. E.) auf 130 g v. E. pro

kg FCM (Fat Corrected Milk) die Milchwurststoffkonzentration mehr als verdreifachte. Aus diesen Ergebnissen wird deutlich, daß bei extremer Eiweißübersorgung auch extrem hohe Milchwurststoffwerte zu erwarten sind. Dieser starke Anstieg ist dadurch zu erklären, daß die Mikroorganismen im Pansen das Überangebot an Stickstoff nicht verwerten können; ein beträchtlicher Teil geht als Ammoniak ins Blut über und wird in der Leber zu Harnstoff entgiftet, welcher wiederum im Blut erscheint und renal ausgeschieden wird. Auch zu wenig Energie im Futter bewirkt, daß der Harnstoffspiegel ansteigt; in diesem Falle wird die Verwertung des Futterstickstoffs durch die Pansenmikroben zur Synthese von Zellmasse verschlechtert, so daß viel Ammoniak aus dem Abbau des Futterproteins verlorengeht und als Harnstoff im Blut oder in der Milch gemessen werden kann (ERBERSDOBLER und ZUCKER, 1980). Umgekehrt führt ein (gemessen an Bedarf) zu geringes Proteinangebot bei ausreichender (oder auch überhöhter) Energieversorgung zu erniedrigten Harnstoffwerten in Blut und Milch, was einfach auf eine verbesserte Ausnutzung des knappen Stickstoffangebots zurückzuführen ist.

Auch andere Faktoren als die Fütterung können Einfluß auf die Milchwurststoffkonzentration haben. WOLFSCHOON-FOMBO et al. (1981) fanden hochsignifikante Unterschiede im Milchwurststoffgehalt zwischen Kühen der Fleckvieh- und der Schwarzbuntrasse. Auch das Laktationsstadium der Kühe hatte in ihren Versuchen einen hochsignifikanten Einfluß auf den Harnstoffgehalt der Milch. Nach den Ergebnissen derselben Autoren beeinflußt das Alter der Kühe den Harnstoffspiegel der Milch in signifikanter Weise.

2.3. Proteinaufnahme und Fruchtbarkeit

In der Literatur gibt es einige Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen hohem Proteingehalt im Futter und Fruchtbarkeitsstörungen bei Kühen. DRORI und FOLMAN (1973) zeigten, daß die Fruchtbarkeit bei Kühen deutlich vermindert ist, wenn der Proteingehalt im Futter um 40 % über der für die Milchproduktion tatsächlich benötigten Menge liegt: Es wurden mehr Kühe aus Sterilitätsgründen gekeult als bei einer Vergleichsgruppe, und bei denen, die trächtig wurden, war die Zeit zwischen letzter Kalbung und Wiederaufnehmen verlängert. Auch JORDAN und SWANSON (1979) fanden bei erhöhter Rohproteinkonzentration im Futter (19,3 % im Vergleich zu 12,7 %) negative Auswirkungen auf die Fertilität ihrer Versuchskühe: Die Zeit von Geburt bis zur erneuten Trächtigkeit war verlängert, und es waren mehr Besamungen nötig, um eine Konzeption zu erreichen. In den Versuchen von TREACHER et al. (1976) betrug die durchschnittliche Zeit zwischen Kalbung und Konzeption bei den Tieren mit hoher Proteinaufnahme 27,5 Wochen, bei den Kühen mit weniger Protein im Futter dagegen nur 20 Wochen. Auch bei den von FOLMAN et al. (1981) untersuchten Kühen ist der Unterschied deutlich: Die Konzeptionsrate betrug 56 bzw. 44 % bei einem Rohproteingehalt von 16 bzw. 20 % im Futter.

Auf welche Weise ein Überangebot an Protein die Fertilität negativ beeinflußt, darüber gibt es unterschiedliche Hypothesen. Nach JORDAN und SWANSON (1979) führt der Ammoniaküberschuß zu einer starken Belastung der Leber, was sich sekundär auch auf andere Organe, z. B. auch auf Ovar und Uterus, negativ auswirken könnte. WHITE (1974) sieht die Ursachen der Fruchtbarkeitsstörung in der durch das Ammoniak bedingten Änderung des pH-Wertes im Körper. Wenn sich das Milieu in Vagina und Uterus zum alkalischen ändert, werden die Bedingungen für die Spermien, die in

neutraler Umgebung am aktivsten sind und am längsten überleben, ungünstiger. Nach FOLMAN et al. (1981) führt ein Proteinüberangebot zu einem Abfall des Progesteronspiegels im Plasma, was die Fertilität beeinträchtigt.

Es kann also ein Zusammenhang zwischen hoher Proteinzufuhr und Fruchtbarkeitsstörungen nicht ausgeschlossen werden, auch wenn die Pathogenese nicht hinreichend erklärt werden kann.

Auf stärkere Störungen des Allgemeinbefindens bei Säugtieren nach übermäßiger Proteinaufnahme gibt es keine Hinweise. Nach KIRCHGESSNER (1975) scheinen die Entgiftungsmechanismen im Körper eine so hohe Kapazität zu haben, daß zumindest vorübergehend beträchtliche Eiweißmengen ohne Schaden vertragen werden können, eine Tatsache, die ZUCKER und STEGER (1975) in Experimenten mit Zwergziegen bestätigen konnten.

Jedoch ist allein schon aus ökonomischen Gründen bei unseren Nutztieren eine den Bedarf nicht übersteigende Eiweißfütterung angebracht.

3. Eigene Untersuchungen

3.1. Versuch 1

Ziel des Versuches war es, eine Beziehung zwischen Futteraufnahme, d. h. Energie- und Proteinversorgung, und der Milchlarnstoffkonzentration herzustellen.

Der Versuch wurde auf dem Lehr- und Versuchsgut in Oberschleißheim durchgeführt. Anfangs standen zwölf Kühe zur Verfügung, ein Tier fiel während des Versuchs aus und wurde bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Für den Versuch wurden die Tiere in zwei Gruppen eingeteilt.

Tabelle 1: Rasse, Laktationsnummer und Trächtigkeitsmonat der Kühe aus Versuch 1

Nummer der Kuh	Rasse	Laktations- nummer	Trächtigkeits- monat
Gruppe 1			
714	SB	2	6
655	SB	3	6
744	SB	2	—
720	SB	2	—
674	SB	3	1
58	F1	1	—
Gruppe 2			
673	SB	3	6
62	F1	1	—
64	F1	1	—
56	F1	1	—
59	F1	1	—

(SB = Schwarzbunte; F1 = Fleckvieh)

Der Fütterungsversuch bestand aus zwei Versuchsperioden, von denen jede fünf Tage dauerte. In der ersten Versuchsperiode erhielten die Kühe aus Gruppe 1 eine Ration, die auf ihre Milchleistung abgestimmt und in Bezug auf Protein- und Energiegehalt ausgeglichen war. Gruppe 2 dagegen bekam Futter vorgelegt, das ein relativ proteinreiches Kraftfutter enthielt. Vom Energiegehalt her gesehen war die Ration für Gruppe 2 bedarfsdeckend. Im zweiten Versuchsabschnitt erhielt Gruppe 1 das proteinreichere Futter, während Gruppe 2 in Bezug auf Protein- und Energiebedarf ausgeglichen versorgt wurde. Beiden Versuchsabschnitten voraus ging eine je zweiwöchige Vorperiode, in der die Kühe bereits mit dem gleichen Futter versorgt wurden wie in den Versuchsperioden.

Der genaue Futterplan für die beiden Versuchsabschnitte mit den pro Tier und Tag aufgenommenen Futtermengen ist in den Anhangstabellen A 1 und A 2 aufgeführt.

Das Grundfutter der Kühe bestand aus Maissilage, Heu und Cobs. Allen Kühen wurde eine Kraftfuttergrundlage (Kraftfutter I) angeboten, bestehend aus 0,8 kg Sojaschrot und 0,1 kg Gerstenschrot pro Tier und Tag. Das Kraftfutter II enthielt 22 % Sojaschrot und 75 % Gerstenschrot, das Kraftfutter III war wesentlich proteinreicher und bestand aus 44 % Sojaschrot und 53 % Gerstenschrot. Beiden Kraftfuttermischungen waren 3 % Mineralstoffe zugesetzt.

Der nach Rohrnährstoffanalyse berechnete Gehalt an verdaulichem Eiweiß und an Stärkeeinheiten der einzelnen Futterkomponenten ist in Tabelle 2 aufgeführt.

Aus den Werten der Tabellen A 1, A 2 und 2 wurden für jede Kuh die täglich gefressene Menge an verdaulichem Eiweiß und an Stärkeeinheiten berechnet. Von diesem Ergebnis wurde der am Körpergewicht orientierte Erhaltungsbedarf abgezogen.

Die Gewichtsentwicklung der Kühe ist in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 2

Gehalt an verdaulichem Eiweiß und Stärkeeinheiten der in Versuch 1 verwendeten Futtermittel, bezogen auf 1 kg

	verdauliches Eiweiß (g)	Stärke- einheiten
Maissilage	11	165
Heu	75	277
Cobs	78	465
Sojaschrot	391	707
Gerstenschrot	67	722
Kraftfutter I	355	709
Kraftfutter II	126	697
Kraftfutter III	208	694

Tabelle 3

Körpergewicht (kg) der Kühe aus Versuch 1

Nummer der Kuh	Gewicht vor dem Versuch	nach Versuchs- periode 1	nach Versuchs- periode 2
714	660	680	660
655	730	760	760
744	650	660	620
720	610	660	660
674	560	600	560
58	505	540	540
673	700	700	700
62	525	500	500
64	570	540	540
56	570	520	520
59	500	440	460

Als Erhaltungsbedarf für ein 550 kg schweres Rind wurden 3000 Stärkeeinheiten und 300 g verdauliches Eiweiß angenommen. Die Umrechnung auf das jeweilige Körpergewicht erfolgte unter Verwendung der metabolischen Körpergröße (KIRCHGEßNER, 1975).

Die Differenz aus aufgenommenen Stärkeeinheiten bzw. der Menge an verdaulichem Eiweiß und dem Energie- bzw. Eiweiß-erhaltungsbedarf ergibt die Menge an Energie bzw. Eiweiß, die für Milchleistung übrig ist.

Nach den DLG-Richtlinien benötigt das Rind für 1 kg FCM (Fat Corrected Milk) 275 Stärkeeinheiten und 60 g verdauliches Eiweiß. Teilt man die oben errechneten Mengen durch diese Normwerte, dann ergibt sich die durch das Futter abgedeckte Milchmenge.

In den Anhangstabellen A 3 und A 4 sind diese Werte für jede Kuh aufgeführt.

Die Probennahme erfolgte in beiden Versuchsabschnitten jeweils zu den Melkzeiten. Von jeder Kuh wurden also zwei Milchproben täglich aus dem Meßbehälter genommen, die Milchmenge wurde notiert. Insgesamt wurden in beiden Versuchsabschnitten 220 Milchproben erhalten. Alle Proben wurden vom Milchprüfing Bayern e. V. auf ihren Fettgehalt untersucht. Die Bestimmung der Milchlarnstoffkonzentration wurde im eigenen Labor durchgeführt.

3.2. Versuch 2

In diesem Versuch sollte ebenfalls die Beziehung zwischen Protein- und Energieversorgung einerseits und dem Milchnharnstoff andererseits untersucht werden. Der wesentliche Unterschied zu Versuch 1 bestand darin, daß die Kühe nicht speziell gefüttert wurden. Es handelte sich also bei Versuch 2 um einen Feldversuch, bei dem die gegebenen Verhältnisse nicht verändert wurden. Dieser Versuch wurde, wie auch alle weiteren, in Israel durchgeführt. Sämtliche dort untersuchten Kühe gehörten der Israeli-Friesian-Rasse an und wurden in Laufställen gehalten.

Versuch 2 wurde an 9 Kühen im Betrieb von Herrn J. Arsi (=Betrieb B) durchgeführt. Im Betrieb standen etwa 40 Milchkühe, die individuell nach Leistungsstand mit Kraftfutter versorgt wurden. Das Grundfutter, bestehend aus Gras, Weizensilage, Baumwollsaat und Orangenschalen, wurde ad libitum angeboten.

An dieser Stelle will ich kurz auf die besonderen Verhältnisse der Milchviehhaltung in Israel eingehen. Dort sind nämlich nicht nur die Haltungsbedingungen der Rinder (allein schon aus klimatischen Gründen) von den mitteleuropäischen verschieden, auch die Zusammensetzung des Futters weicht aus vielerlei Gründen von unserem Milchviehfutter ab. So ist z. B. der Preis für Raufutter wegen der notwendigen künstlichen Bewässerung annähernd gleich dem Preis für Kraftfutter; außerdem steht die Rinderhaltung allgemein im wirtschaftlichen Wettbewerb gegen landwirtschaftliche Exportgüter wie Baumwolle und Zitrusfrüchte, wobei die Bewässerung den entscheidenden Kostenfaktor darstellt (HEIMAN und LOEW, 1981).

In den meisten israelischen Dörfern haben die einzelnen Bauern nur sehr wenig Land zur Verfügung. Dies ist auch in Kefar Vitkin, wo Betrieb B angesiedelt ist, der Fall.

Aus diesem Grund können die Bauern ihr Vieh nur zu einem kleinen Teil mit betriebseigenem Futter versorgen. Der Überwiegende Teil der Futtermittel jedoch stammt aus der Futterzentrale, die genossenschaftlich betrieben wird. Dieser Genossenschaft gehören alle Bauern des Dorfes an. Ebenso wie die Futterbereitstellung gehören z. B. der Betrieb der Milchsammelstelle und Kauf und Unterhalt von größeren Maschinen zur Aufgabe der Genossenschaft. Ohne diese gemeinsamen Einrichtungen könnten die Bauern in vielen israelischen Dörfern keine so intensive Milchviehhaltung betreiben wie man sie gegenwärtig antrifft.

Im Betrieb B wurde Gras als einziges betriebseigenes Futter verwendet, während alle anderen Komponenten aus der Futterzentrale stammten.

Die Futterbewertung in Israel wurde nach amerikanischen Maßstäben durchgeführt, die vom NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1978) herausgegeben wurden. Danach wird der Eiweißgehalt des Futters in "Prozent Rohprotein" (% RP) angegeben, der Energiegehalt in "Megakalorien Nettoenergie/Laktation" (Mcal NEL).

Tabelle 4

Trockensubstanz-, Rohproteingehalt und Energiedichte, bezogen auf Trockensubstanz, der in Betrieb B verwendeten Futterkomponenten

	% Trocken- substanz	% Roh- protein	Nettoenergie/ Laktation (Mcal/kg)
Gras	27	19,0	1,37
Weizensilage	26	11,9	1,40
Baumwollsaat	93	24,9	2,28
Orangenschalen	16	1,1	0,96
Kraftfutter	89	16,0	1,65

Wie bereits oben angeführt, wurde den Kühen das Grundfutter ad libitum angeboten. Die dabei pro Tier und Tag kalkulierten Mengen sowie die daraus berechnete Protein- und Energieaufnahme sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5

Menge des pro Tier und Tag aufgenommenen Grundfutters^{+) und}
daraus berechnete Werte für Protein- und Energieaufnahme
(Betrieb B)

	aufgenommene Menge (kg)	g Roh- protein	Nettoenergie/ Laktation (Mcal)
Gras	20	1026	7,40
Weizensilage	5	155	1,82
Baumwollsaat	2	463	4,24
Orangenschalen	5	9	0,96
Grundfutter insgesamt	32	1653	14,42

^{+) Die Mengenangaben beruhen auf Schätzungen des Besitzers}

Die pro Tier und Tag individuell gefütterte Kraftfuttermenge, das Körpergewicht der Tiere sowie die Berechnung der Protein- und Energieaufnahme für die einzelnen Kühe sind in Tabelle A 5 angegeben.

Die Probennahme erfolgte an sechs aufeinander folgenden Tagen, und zwar wurden von den neun im Versuch stehenden Kühen jeweils vom Morgengemelk Milchproben genommen. Dabei wurde auch die Milchmenge notiert. Beim Abendmelken wurde lediglich die Milchmenge aufgeschrieben, es wurden keine Proben genommen.

Die Werte für Milchfett wurden aus den Ergebnissen der monatlichen Leistungskontrolle, durchgeführt von Angestellten der Milchsammelstelle in Kefar Vitkin, übernommen.

3.3. Versuch 3

In diesem Versuch, der im Kibbuz Naan (=Betrieb C) durchgeführt wurde, sollte der Harnstoffgehalt von Blut- und Milchproben verglichen werden. Außerdem sollte auch hier nach einer Beziehung zwischen Protein- und Energieversorgung der Kühe einerseits und dem Milchwarnstoffgehalt andererseits gesucht werden. Der Unterschied zu den vorausgehenden Versuchen lag nicht im Versuchsziel, sondern in den Haltungs- und Fütterungsbedingungen der Kühe.

Die 370 Milchkühe des Betriebs C wurden in Gruppen gehalten, die sich jeweils aus Tieren im gleichen Laktationsstadium zusammensetzten. Die einzelnen Gruppen wurden mit dem ihrem Leistungsstand angemessenen Futter versorgt. Die verschiedenen Futterkomponenten wurden in einem Mischwagen miteinander vermengt, und dieses Gemisch wurde den Tieren morgens und abends vorgelegt, so daß die Kühe praktisch immer Futter zur Verfügung hatten. Innerhalb einer Gruppe erhielten also alle Kühe von der Zusammensetzung her das gleiche Futter - von der Menge her gab es natürlich individuelle Unterschiede -, zwischen den Gruppen aber bestanden Unterschiede in Proteingehalt und Energiedichte des Futters. Gemolken wurden die Kühe, wie in den meisten Kibbuzim üblich, dreimal täglich im Abstand von je acht Stunden.

Die im Kibbuz Naan verwendeten Futterkomponenten, ihr Trockensubstanz-, Protein- und Energiegehalt sind in Tabelle 6 aufgeführt. Die pro Tier und Tag verfütterte Menge jeder Futterkomponente ist in Tabelle 7 angegeben. Aus den Tabellen 6 und 7 ergibt sich, daß die Tiere der Gruppe 1 Futter mit 15,6 % Rohproteingehalt und einer Energiedichte von 1,69 Mcal Nettoenergie/Laktation erhielten, während das Futter der Gruppe 2 15 % Rohprotein bei einer Energiedichte von 1,67 Mcal Nettoenergie/Laktation pro kg Trockensubstanz enthielt.

Tabelle 6

Trockensubstanzgehalt sowie Rohproteinkonzentration und Energiedichte, jeweils bezogen auf Trockensubstanzbasis, der in Betrieb C verwendeten Futtermittel (Versuch 3)

	% Trocken- substanz	% Roh- protein	Nettoenergie/Lakt. (Mcal/kg)
Sojaschrot	89	49,6	1,86
Baumwollsaat	93	24,9	2,28
Heu 1	89	16,0	1,25
Heu 2	90	4,2	1,01
Weizensilage 1	35	9,6	1,50
Weizensilage 2	25	9,6	1,50
Maisschrot	88	9,5	1,80
Kraftfutter	88	16,0	1,58
Molke	5	14,0	1,79

Tabelle 7

Futterangebot (kg pro Tier und Tag) für die Kühe aus Betrieb C (Versuch 3)

	Gruppe 1	Gruppe 2
Sojaschrot	0,6	0,44
Baumwollsaat	3,5	2,6
Heu 1	2,0	1,5
Heu 2	—	0,6
Weizensilage 1	12,0	8,9
Weizensilage 2	—	4,8
Maisschrot	4,5	3,3
Kraftfutter	8,5	8,5
Molke	30,0	40,0

Die Probennahme wurde an fünf aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt. Die Milchproben wurden beim Morgenmelken direkt aus dem Meßbecher genommen. Anschließend, als die Kühe im Freßgitter standen, wurde ihnen aus der Vena jugularis Blut entnommen, das mit Natriumheparinat ungerinnbar gemacht wurde. Zum Versuch herangezogen wurden 10 Kühe, fünf aus den Kühen im frühen Laktationsstadium (Gruppe 1) und fünf Tiere im späten Laktationsstadium (Gruppe 2). Insgesamt wurden in diesem Versuch je 50 Milch- und Blutproben untersucht.

3.4. Versuch 4

In diesem Versuch sollten von möglichst vielen Tieren aus zwei Gruppen mit unterschiedlicher Fütterung Milchnachstoffproben untersucht und in Beziehung zur Eiweiß- und Energieversorgung gebracht werden. Der Versuch fand im Kibbuz Hamapil (=Betrieb D) an fünf aufeinanderfolgenden Tagen statt.

Im Kibbuz Hamapil standen etwa 330 Milchkühe, die wie im Kibbuz Naan in Gruppen gehalten wurden. Die Gruppeneinteilung richtete sich nach der Milchleistung der Kühe. Gefüttert wurden die Tiere zweimal täglich, und zwar mit Hilfe eines Mischwagens. Die zur Fütterung verwendeten Komponenten sind mit ihrem Trockensubstanz-, Protein- und Energiegehalt in Tabelle 8 aufgelistet. Die jeweils von den Tieren mit hoher Leistung (=Gruppe 1) und den Kühen mit niedrigerer Leistung verzehrten Mengen sind in Tabelle 9 aufgeführt. Aus diesen beiden Tabellen errechnet sich für die Gruppe 1 ein Rohproteingehalt von 19,4 %, für die Gruppe 2 von 17,0 %, während die Energiedichte des Futters mit 1,82 Mcal bzw. 1,81 Mcal Nettoenergie/Laktation pro kg Trockensubstanz für beide Gruppen annähernd gleich ist.

Tabelle 8

Trockensubstanzgehalt sowie Rohproteinkonzentration und Energiedichte, jeweils bezogen auf Trockensubstanzbasis, der in Betrieb D verwendeten Futtermittel (Versuch 4)

	% Trocken- substanz	% Roh- protein	Nettoenergie/Lakt. (Mcal/kg)
Kraftfutter 1	87	17,2	1,70
Kraftfutter 2	87	23,0	1,79
Zuckerrübenpülpe	10	8,7	1,74
Weizensilage	26	8,6	1,43
Heu	90	15,0	1,32
Baumwollsaat	93	24,9	2,28
Kartoffeln	25	9,6	1,81

Tabelle 9

Futterangebot (kg pro Tier und Tag) für die Kühe aus Betrieb D (Versuch 4)

	Gruppe 1	Gruppe 2
Kraftfutter 1	2	6
Kraftfutter 2	14	4
Zuckerrübenpülpe	10	10
Weizensilage	6	10
Heu	1	—
Baumwollsaat	4	4
Kartoffeln	10	10

Die Probennahme erfolgte jeden Tag zur gleichen Zeit am späten Vormittag, als die Kühe zum zweiten Mal pro Tag gemolken wurden. Es wurden von jeder Gruppe 23 Milchproben täglich genommen, so daß in diesem Versuch insgesamt 230 Milchproben ausgewertet wurden.

3.5. Versuche 5-7

Diese Versuche fanden in Bet Dagan am Volcani-Institut für landwirtschaftliche Forschung (=Betrieb E) statt. Die ca. 120 Kühe dieses Versuchsbetriebs wurden individuell mit genau berechnetem und abgewogenem Futter versorgt, gefüttert wurden sie sechsmal täglich zu genau festgelegten Zeiten. Außerdem wurde die Milchmenge jeder Kuh bei jeder Melkzeit notiert.

In diesen Versuchen konnten also die Fütterungs- und Leistungsdaten der Kühe genau erfaßt werden. Ziel der Versuche war es, von möglichst vielen Einzelkühen Protein- und Energieversorgung festzustellen und diese Daten in Bezug zum Milchwurstoffspiegel zu setzen.

Das Futter der Kühe bestand nur aus zwei Komponenten, nämlich aus Heu und Kraftfutter. Bis 150 Tage nach dem Abkalben erhielten die Kühe Kraftfutter mit 18 % Rohprotein-gehalt, nach diesem Termin wurde ihnen Kraftfutter mit 15 % Rohprotein angeboten. Die Heuration in den Versuchen 5 und 6 richtete sich nach der Kraftfuttermenge, und zwar so, daß das Futter etwa zu einem Drittel aus Heu und zu zwei Dritteln aus Kraftfutter bestand.

In Versuch 7, der von M. Kaim durchgeführt wurde, wurden ebenfalls zwei verschiedene Kraftfuttermertypen gefüttert. Kraftfutter 1 enthielt 20 % Rohprotein, Kraftfutter 2 15 %. Sämtliche Daten von Versuch 7 stammen aus noch unveröffentlichten Untersuchungen von KAIM et al. (1981), die im Jahre 1979 durchgeführt wurden.

Tabelle 10

Trockensubstanzgehalt sowie Rohproteinkonzentration und Energiedichte, jeweils bezogen auf Trockensubstanzbasis, der in Betrieb E verwendeten Futtermittel (Versuche 5 und 6)

	% Trocken- substanz	% Roh- protein	Nettoenergie/Lakt. (Mcal/kg)
Heu	90	16	1,25
Kraftfutter 1	90	18	1,90
Kraftfutter 2	90	15	1,62

Tabelle 11

Trockensubstanzgehalt sowie Rohproteinkonzentration und Energiedichte, jeweils bezogen auf Trockensubstanzbasis, der in Betrieb E verwendeten Futtermittel (Versuch 7)

	% Trocken- substanz	% Roh- protein	Nettoenergie/Lakt. (Mcal/kg)
Heu	90	16	1,25
Kraftfutter 1	90	20	1,94
Kraftfutter 2	90	15	2,0

Für die Versuche in Betrieb E wurden die Kühe in Gruppen eingeteilt. Gruppe 1 enthielt jeweils die Kühe im frühen Laktationsstadium, die mit dem eiweißreicheren Kraftfutter (=Kraftfutter 1) versorgt wurden. In Gruppe 2 wurden die altmelkenden Kühe aufgelistet, die das proteinärmere Kraftfutter (=Kraftfutter 2) bekamen.

Die pro Tag verzehrten Mengen an Heu und Kraftfutter sind in den Anhangstabellen A 6 bis A 11 aufgeführt.

Für die Kühe aus Versuch 5 wurde (unter Verwendung der Tabellen A 6, A 7 und 10) die Protein- und Energieversorgung berechnet (siehe Tabellen 12 und 13).

Tabelle 12

Körpergewicht der Kühe sowie Berechnung der Protein- und Energieversorgung, ausgedrückt in kg FCM, für die das aufgenommene Futter bedarfsdeckend ist (Versuch 5 , Gruppe 1)

Nummer der Kuh	Körper- gewicht (kg)	Rohprotein für ... kg FCM	Nettoenergie/Lakt. für ... kg FCM
529	540	35,5	34,2
612	530	39,0	38,2
662	500	41,1	40,9
709	500	30,4	28,8
487	600	45,7	45,4
490	660	27,6	23,9
587	560	44,1	43,7
625	580	36,8	34,9
743	450	37,7	37,2
745	550	28,3	25,7
752	470	21,8	19,5
809	530	37,2	35,9

Versuch 5 wurde an zwei Tagen durchgeführt. Die Milchproben wurden, als die Tiere im Freßgitter standen, von Hand ermolken. Sofort anschließend wurden die Blutproben genommen. Insgesamt wurden im Versuch 5 je 48 Milch- und Blutproben von 24 Kühen ausgewertet.

Tabelle 13

Körpergewicht der Kühe sowie Berechnung der Protein- und Energieversorgung, ausgedrückt in kg FCM, für die das aufgenommene Futter bedarfsdeckend ist (Versuch 5 , Gruppe 2)

Nummer der Kuh	Körper- gewicht (kg)	Rohprotein für ... kg FCM	Nettoenergie/Lakt. für ... kg FCM
418	700	25,2	21,1
469	650	39,6	38,1
523	570	30,7	28,7
626	660	28,5	25,7
639	570	35,4	34,0
663	530	29,3	27,8
476	700	31,4	28,5
567	560	33,8	32,7
585	600	27,3	24,7
589	550	30,8	29,0
591	550	30,8	29,0
647	600	27,3	24,7

Die Berechnung der Protein- und Energieversorgung der Kühe aus Versuch 6 (unter Verwendung der Tabellen A 8, A 9 und 10) ist in den Tabellen 14 und 15 dargestellt. Im Rahmen von Versuch 6 wurden nur Milchproben untersucht. Es wurden an zwei aufeinanderfolgenden Tagen von 23 Kühen Milchproben ermolken, als die Tiere im Freßgitter standen. Insgesamt wurden 46 Milchproben ausgewertet.

Tabelle 14

Körpergewicht der Kühe sowie Berechnung der Protein- und Energieversorgung, ausgedrückt in kg FCM, für die das aufgenommene Futter bedarfsdeckend ist (Versuch 6, Gruppe 1)

Nummer der Kuh	Körper- gewicht (kg)	Rohprotein für ... kg FCM	Nettoenergie/Lakt. für ... kg FCM
621	610	38,5	36,8
677	560	37,0	35,4
620	520	33,8	32,2
566	550	40,7	40,1
546	570	31,6	29,1
161	610	40,4	39,1
485	700	32,6	29,3
490	650	33,0	30,1
664	580	35,2	33,5
809	510	35,7	34,6
630	610	35,0	33,0
649	490	39,3	38,8

Tabelle 15

Körpergewicht der Kühe sowie Berechnung der Protein- und Energieversorgung, ausgedrückt in kg FCM, für die das aufgenommene Futter bedarfsdeckend ist (Versuch 6, Gruppe 2)

Nummer der Kuh	Körper- gewicht (kg)	Rohprotein für ... kg FCM	Nettoenergie/Lakt. für ... kg FCM
720	590	25,9	22,9
472	570	30,6	29,1
523	600	30,5	28,1
643	560	29,1	27,3
631	600	31,1	29,1
556	650	27,0	23,1
699	680	25,8	22,7
585	650	27,0	23,9
567	600	30,4	28,6
476	730	29,7	26,1
636	590	30,6	28,3

Die Protein- und Energieversorgung der Kühe aus Versuch 7 wurde nach Angaben von KAIM et al. (1981) unter Verwendung der Tabellen A 10, A 11 und 11 berechnet. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 16 und 17 aufgeführt.

Die Harnstoffbestimmung wurde ausschließlich an Plasmaproben durchgeführt. Dazu wurde jeder Kuh nur einmal Blut entnommen. Gruppe 1 bestand aus 14, Gruppe 2 aus 17 Tieren. Insgesamt wurden also 31 Plasmaproben bestimmt.

Tabelle 16

Körpergewicht der Kühe sowie Berechnung der Protein- und Energieversorgung, ausgedrückt in kg FCM, für die das aufgenommene Futter bedarfsdeckend ist (Versuch 7, Gruppe 1)

Nummer der Kuh	Körper- gewicht (kg)	Rohprotein für ... kg FCM	Nettoenergie/Lakt. für ... kg FCM
567	560	43,7	42,7
576	535	37,2	33,2
523	570	42,9	41,2
591	520	30,3	27,9
494	560	31,7	27,5
557	560	30,9	26,4
160	575	34,7	31,9
757	550	43,7	42,4
529	525	34,7	32,5
556	580	31,8	29,1
485	590	38,4	33,9
367	600	35,1	33,7
496	510	38,8	35,2
776	575	34,3	32,2

Tabelle 17

Körpergewicht der Kühe sowie Berechnung der Protein- und Energieversorgung, ausgedrückt in kg FCM, für die das aufgenommene Futter bedarfsdeckend ist (Versuch 7 , Gruppe 2)

Nummer der Kuh	Körper- gewicht (kg)	Rohprotein für ... kg FCM	Nettoenergie/Lakt. für ... kg FCM
490	620	23,2	29,4
558	485	24,7	33,1
515	585	28,9	31,7
504	580	27,4	36,1
562	555	31,8	42,2
493	510	29,5	33,8
579	450	21,1	28,0
476	585	26,8	29,3
434	610	25,0	31,8
499	530	27,4	30,1
436	570	30,8	41,5
559	480	30,3	34,9
428	570	24,6	31,7
276	635	32,2	42,2
469	580	37,5	49,9
489	550	30,1	33,6
553	565	22,8	29,2

3.6. Versuch 8

In diesem Versuch sollte die Korrelation zwischen Speichel- und Milhharnstoff bestimmt werden. Ohne Beachtung von Futteraufnahme und Milchleistung sollten Speichel- und Milhharnstoff verglichen werden.

Es wurde an neun Tagen versucht, von jeweils 13 Kühen eines Betriebes (Besitzer: D. Geva) Milch- und Speichelproben zu gewinnen.

Die Kühe waren zur Futteraufnahme im Freßgitter angebunden. Etwa zehn Minuten nach Beendigung der Kraftfutteraufnahme wurde von den Kühen Speichel gewonnen, indem die nach Niederdrücken des Kopfes aus dem Maul abtropfende Flüssigkeit aufgefangen wurde. Wenn nicht sofort Speichel abfloß, genügte es meist, eine Hand in die seitliche Backentasche zu stecken, damit Speichel abtropfte.

Nach einer Gewöhnungszeit von einigen Tagen war es bei den meisten Kühen ohne Probleme möglich, Speichel zu gewinnen. Insgesamt jedoch war nur die Hälfte aller Versuche, Speichel zu nehmen, erfolgreich, so daß am Ende 60 Speichelproben mit ebensovielen Milchproben auf ihren Harnstoffgehalt verglichen werden konnten.

3.7. Harnstoffbestimmung

Die Auswertung der Milchproben von Versuch 1 wurde mit der "Test-Combination Harnstoff" der Firma Boehringer, Mannheim durchgeführt. Dazu mußte die Milch erst zentrifugiert werden (10 Minuten bei 4000 Umdrehungen/min.). Der so gewonnene fettfreie Anteil wurde mit Uranylacetat (URAC, Fa. Boehringer, Mannheim) enteiweißt. Erst nach dieser Vorbehandlung konnten die Harnstoffanalysen durchgeführt werden.

Kurz das Prinzip der "Test-Combination Harnstoff":

Der in den Proben enthaltene Harnstoff wird durch Urease in Ammoniumkarbonat übergeführt, die Ammonium-Ionen reagieren mit Phenol und Hypochlorit unter Bildung eines Farbkomplexes (Berthelot-Reaktion). Die Konzentration dieses Farbstoffes ist der Ammoniak- und damit der Harnstoffmenge in der Probe proportional, die Bestimmung der Farbkonzentration erfolgt photometrisch bei einer Wellenlänge von 546 nm. (ECKART, 1980).

Die Harnstoffbestimmung aller in Israel genommenen Milch-, Speichel- und Blutproben erfolgte mit Teststreifen (Reflotest^R-Urea; Hersteller: Firma Boehringer, Mannheim), die mit einem tragbaren Reflexionsphotometer (Reflomat^R; Hersteller: Firma Clinicon, Mannheim) ausgewertet wurden. Dieses Teststreifenverfahren ist bei Blut- und Serumproben in Bezug auf Richtigkeit und Präzision der Ergebnisse den herkömmlichen Labormethoden vergleichbar (CONTESSÉ et al., 1979; KRUSE-JARKES et al., 1980). Bei Milchproben ist die Reflotest^R-Urea/Reflomat^R-Methode im Vergleich zur "Test-Combination Harnstoff" ausreichend zuverlässig (SCHILLINGER et al., 1982).

Bei dieser Teststreifenmethode ist es nicht nötig, die Milchproben zu entfetten und zu enteiweißen; auch Elutharnstoffwerte können ohne Vorbehandlung der Proben bestimmt werden.

Bei der Harnstoffbestimmung nach der Reflotest^R-Urea/Reflomat^R-Methode werden 10 Mikroliter der Probe auf das Testfeld des Teststreifens pipettiert. Nach 15 Sekunden wird der Streifen mit dem Testfeld nach unten auf ein Klebefeld aufgelegt. Die auf dem Testbezirk aufgebrachte Urease baut den Harnstoff der Probe enzymatisch zu Ammoniumkarbonat ab, aus dem Ammoniak freigesetzt wird. Ammoniak diffundiert auf die pH-Indikatorschicht des Teststreifens und verursacht dort eine Blaufärbung, deren Farbintensität proportional der Harnstoffkonzentration der Probe ist. Die Reaktion ist nach 10 Minuten abgeschlossen, dann kann die Auswertung des Teststreifens erfolgen. Dazu wird der Reflomat^R herangezogen. Dieses Reflexions-Photometer ist ein Zweistrahlgerät. Der eine Strahl ist konstant und fällt auf den Reagenzbezirk des Teststreifens, wird zum Teil diffus reflektiert und gelangt auf das Photoelement. Der andere Strahl, der durch Drehung an der Skala des Geräts verändert werden kann, ist direkt auf das Photoelement gerichtet. Durch Drehen am Skalenknopf des Geräts kann die Abgleichanzeige in Mittelstellung gebracht werden. Ist dies der Fall, dann registriert der Diskriminator gleiche Intensität von beiden Lampen. Es wird also jeder Farbtiefe des Teststreifens eine bestimmte Skalenstellung zugeordnet. Damit ist der Meßwert direkt auf der Skala abzulesen.

3.8. Auswertung und statistische Berechnung

Berechnet wurden Mittelwert, Standardabweichung, Korrelationskoeffizient und lineare Regressionsfunktion der in den Untersuchungen gewonnenen Werte einer Gruppe. Der Korrelationskoeffizient wurde mit Hilfe des t-Tests nach Fischer überprüft. Die Signifikanz der Gruppenunterschiede wurde mit dem u-Test (Mann-Whitney-Test), für $n < 20$ mit dem t-Test (Student-Test) geprüft (nach SACHS, 1973).

4. Ergebnisse

4.1. Versuch 1

In den Tabellen 18 (für Gruppe 1) und 19 (für Gruppe 2) sind die durchschnittliche Milchleistung und die Milchnachstoffwerte jeder Kuh aufgeführt, ebenso der "Relative Eiweißüberschuß" (REÜ) als Maß für die Eiweiß- und Energieversorgung.

Der "Relative Eiweißüberschuß" wird wie folgt berechnet: Aus der Differenz zwischen aufgenommener Proteinmenge und Erhaltungsbedarf ergibt sich die tatsächlich für Milchleistung übrige Eiweißmenge. Diese Menge läßt sich auch in "kg FCM" ausdrücken (siehe Tabellen A 3 und A 4). Zieht man nun von dieser errechneten Größe die tatsächlich erzielte Milchleistung ab, so erhält man den "Absoluten Eiweißüberschuß".

Analog läßt sich der "Energieüberschuß" als Differenz zwischen der für die Milchleistung übrigen Energie in kg FCM (siehe Tabellen A3 und A4) und der erreichten Milchmenge berechnen.

Die Differenz zwischen "Absolutem Eiweißüberschuß" und "Energieüberschuß" ergibt den "Relativen Eiweißüberschuß".

In den Abbildungen 1 und 2 ist die Korrelation des Milchnachstoffgehalts zum "Relativen Eiweißüberschuß" dargestellt, die Abbildungen 3 und 4 zeigen die Beziehung des Milchnachstoffgehalts zum "Absoluten Eiweißüberschuß".

Statistische Auswertung von Versuch 1

Korrelation und lineare Regression zwischen dem Relativen Eiweißüberschuß in der Futterration und der Milchwahnstoffkonzentration der Kühe aus Gruppe 1:

$$n = 12$$

$$r = 0,69$$

$$p < 0,01$$

$$y = 1,83 x + 23,6 \text{ (siehe Abbildung 1)}$$

Korrelation und lineare Regression zwischen dem Relativen Eiweißüberschuß in der Futterration und der Milchwahnstoffkonzentration der Kühe aus Gruppe 2:

$$n = 10$$

$$r = 0,38$$

$$y = 0,60 x + 27,4 \text{ (siehe Abbildung 2)}$$

Korrelation und lineare Regression zwischen dem Absoluten Eiweißüberschuß in der Futterration und dem Milchwahnstoffgehalt der Kühe aus Gruppe 1:

$$n = 12$$

$$r = 0,74$$

$$p < 0,01$$

$$y = 1,38 x + 21,5 \text{ (siehe Abbildung 3)}$$

Korrelation und lineare Regression zwischen dem Absoluten Eiweißüberschuß in der Futterration und dem Milchwahnstoffgehalt der Kühe aus Gruppe 2:

$$n = 10$$

$$r = 0,67$$

$$p < 0,05$$

$$y = 1,13 x + 24,2 \text{ (siehe Abbildung 4)}$$

Tabelle 18

Milchleistung (kg FCM), Milchwurststoffgehalt (mg/100 ml)
und Relativer Eiweißüberschuß (REU) der Kühe aus Versuch 1
(Gruppe 1)

Kuh Nr. 714 Versuchsperiode 1 Versuchsperiode 2

Milch (kg FCM) ⁺	12,2 ± 0,9	10,4 ± 0,7
Harnstoff (mg/100 ml) ⁺	27,3 ± 3,5	29,1 ± 2,3
REU (kg FCM)	1,2	2,2

Kuh Nr. 655

Milch (kg FCM) ⁺	14,7 ± 1,2	11,4 ± 2,4
Harnstoff (mg/100 ml) ⁺	21,3 ± 4,1	27,7 ± 4,7
REU (kg FCM)	0,5	3,0

Kuh Nr. 744

Milch (kg FCM) ⁺	16,3 ± 2,6	15,4 ± 1,4
Harnstoff (mg/100 ml) ⁺	19,0 ± 1,6	30,0 ± 3,3
REU (kg FCM)	0,4	6,0

Kuh Nr. 720

Milch (kg FCM) ⁺	12,7 ± 0,9	12,9 ± 0,9
Harnstoff (mg/100 ml) ⁺	24,2 ± 3,0	32,0 ± 3,1
REU (kg FCM)	1,0	5,6

Kuh Nr. 674

Milch (kg FCM) ⁺	16,9 ± 5,2	15,0 ± 0,9
Harnstoff (mg/100 ml) ⁺	29,3 ± 3,6	40,9 ± 5,2
REU (kg FCM)	-1,1	4,5

Kuh Nr. 58

Milch (kg FCM) ⁺	10,5 ± 1,0	10,1 ± 1,0
Harnstoff (mg/100 ml) ⁺	19,1 ± 2,8	33,6 ± 3,4
REU (kg FCM)	0,2	4,0

Tabelle 19

Milchleistung (kg FCM), Milchwarnstoffgehalt (mg/100 ml)
und Relativer Eiweißüberschuß (REÜ) der Kühe aus Versuch 1
(Gruppe 2)

Kuh Nr. 673	Versuchsperiode 1	Versuchsperiode 2
Milch (kg FCM) ⁺	14,7 ± 1,2	14,8 ± 0,5
Harnstoff (mg/100 ml) ⁺	26,1 ± 2,9	24,5 ± 2,0
REÜ (kg FCM)	3,0	-0,4
Kuh Nr. 62		
Milch (kg FCM) ⁺	12,7 ± 2,5	13,1 ± 0,5
Harnstoff (mg/100 ml) ⁺	26,8 ± 2,4	26,8 ± 2,5
REÜ (kg FCM)	2,6	± 0
Kuh Nr. 64		
Milch (kg FCM) ⁺	15,8 ± 3,9	15,3 ± 0,7
Harnstoff (mg/100 ml) ⁺	24,6 ± 1,5	24,4 ± 3,5
REÜ (kg FCM)	2,5	-2,2
Kuh Nr. 56		
Milch (kg FCM) ⁺	13,0 ± 3,3	14,7 ± 1,6
Harnstoff (mg/100 ml) ⁺	32,6 ± 2,4	29,0 ± 3,4
REÜ (kg FCM)	4,0	-0,7
Kuh Nr. 59		
Milch (kg FCM) ⁺	14,0 ± 1,2	16,0 ± 0,5
Harnstoff (mg/100 ml) ⁺	34,0 ± 2,2	32,6 ± 2,4
REÜ (kg FCM)	3,6	-0,8

⁺ Mittelwert aus den fünf Versuchstagen

Abbildung 1: Beziehung zwischen Milchlarnstoffgehalt und Relativem Eiweißüberschuß von 6 Kühen (Versuch 1, Gruppe 1) in zwei Versuchsperioden (jeder Punkt stellt den Durchschnittswert aus 5 Versuchstagen dar)

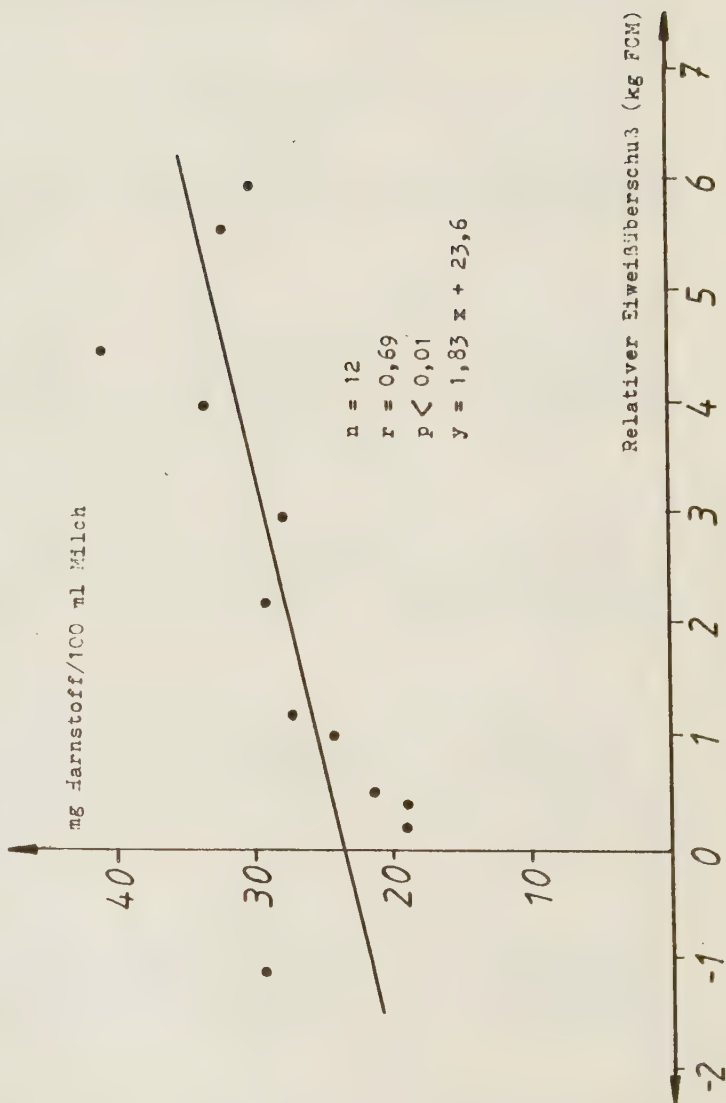


Abbildung 2: Beziehung zwischen Milchnharnstoffgehalt und Relativem Eiweißüberschuß von 5 Kühen (Versuch 1, Gruppe 2) in zwei Versuchsperioden (jeder Punkt stellt den Durchschnittswert aus 5 Versuchstagen dar)

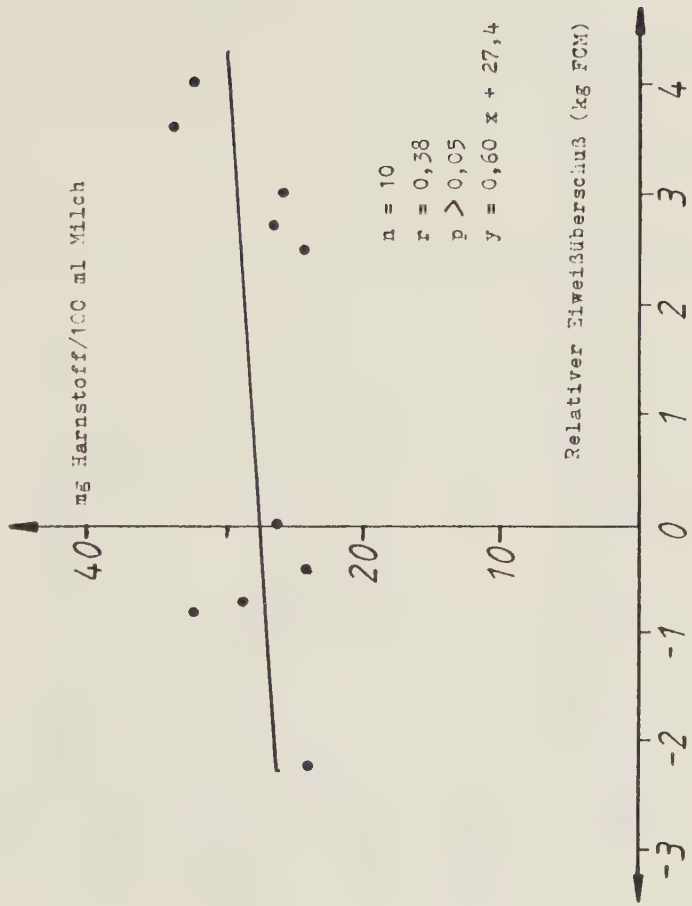


Abbildung 3: Beziehung zwischen Milchnaharstoffgehalt und Absolutem Eiweißüberschuß von 6 Kühen (Versuch 1, Gruppe 1) in zwei Versuchsperioden (jeder Punkt stellt den Durchschnittswert aus 5 Versuchstagen dar)

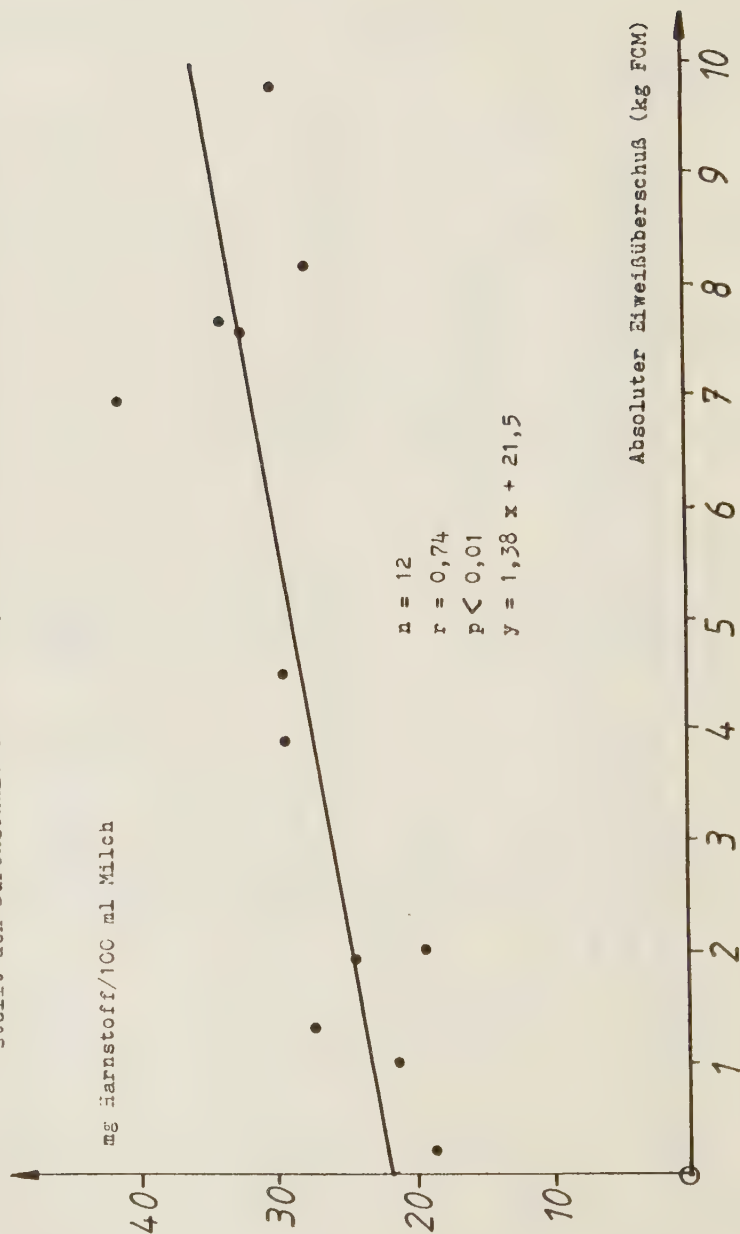
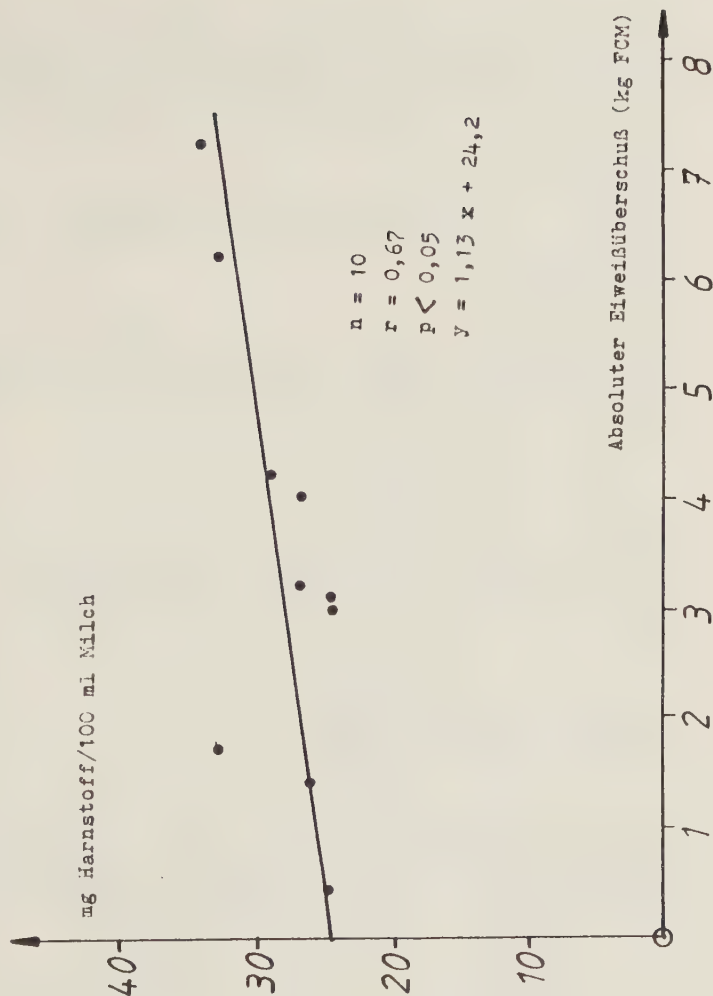


Abbildung 4: Beziehung zwischen Milchwahnharnstoffgehalt und Absolutem Eiweißüberschuß von 5 Kühen (Versuch 1, Gruppe 2) in zwei Versuchsperioden (jeder Punkt stellt den Durchschnitt aus 5 Versuchstagen dar)



4.2. Ergebnisse der Feldversuche (Versuche 2-4)

In Tabelle 20 sind die durchschnittliche Milchleistung und die durchschnittliche Milchharnstoffkonzentration für jede Kuh aus Versuch 2 dargestellt, ebenso der Relative Eiweißüberschuß.

Die statistische Auswertung des Versuchs 2 brachte folgende Ergebnisse:

Korrelation und lineare Regression zwischen dem Relativen Eiweißüberschuß im Futter und dem Milchharnstoffgehalt:

$$n = 9$$

$$r = 0,35$$

$$y = 1,31 x + 25,0$$

Korrelation und lineare Regression zwischen Absolutem Eiweißüberschuß im Futter und dem Milchharnstoffgehalt:

$$n = 9$$

$$r = 0,56$$

$$y = 0,39 x + 23,3$$

In beiden Fällen ist $p > 0,05$.

In Tabelle 21 sind Körpergewicht, Eiweiß- und Energieaufnahme, Milchleistung und Relativer Eiweißüberschuß der Kühe aus Versuch 3 aufgeführt, Tabelle 22 enthält die gleichen Parameter für die Kühe aus Versuch 4.

In den Abbildungen 5 und 6 sind die durchschnittlichen Milchharnstoffgehalte beider Versuche, jeweils für Gruppe 1 und 2 getrennt, aufgeführt.

Tabelle 20

Milchleistung (kg FCM), Milhharnstoffgehalt (mg/100 ml) und Relativer Eiweißüberschuß (REÜ) der Kühe aus Betrieb B (Versuch 2)

Nummer der Kuh	Milch ⁺ (kg FCM)	Harnstoff ⁺ (mg/100 ml Milch)	REÜ (kg FCM)
2	21,2	29,3	2,8
9	23,8	23,8	2,3
20	17,6	29,7	2,9
27	17,4	27,4	2,7
28	21,7	29,8	2,8
29	15,4	30,4	2,0
49	13,3	29,3	3,5
50	14,6	28,5	3,1
60	19,1	27,7	2,0

⁺ Mittelwert aus den sechs Versuchstagen

Tabelle 21

Durchschnittliches Körpergewicht (geschätzt), Berechnung der Eiweiß- und Energieaufnahme, ausgedrückt in kg FCM, sowie durchschnittliche Milchleistung und Relativer Eiweißüberschuß der Kühe aus Betrieb C (Versuch 3)

	Gruppe 1	Gruppe 2
Körpergewicht (kg)	600	650
Rohprotein für ... kg FCM	35,1	30,9
Nettoenergie Lakt. für ... kg FCM	39,0	34,1
Milch (kg FCM)	32,0	20,0
Relativer Eiweiß- überschuß (kg FCM)	-3,9	-3,2

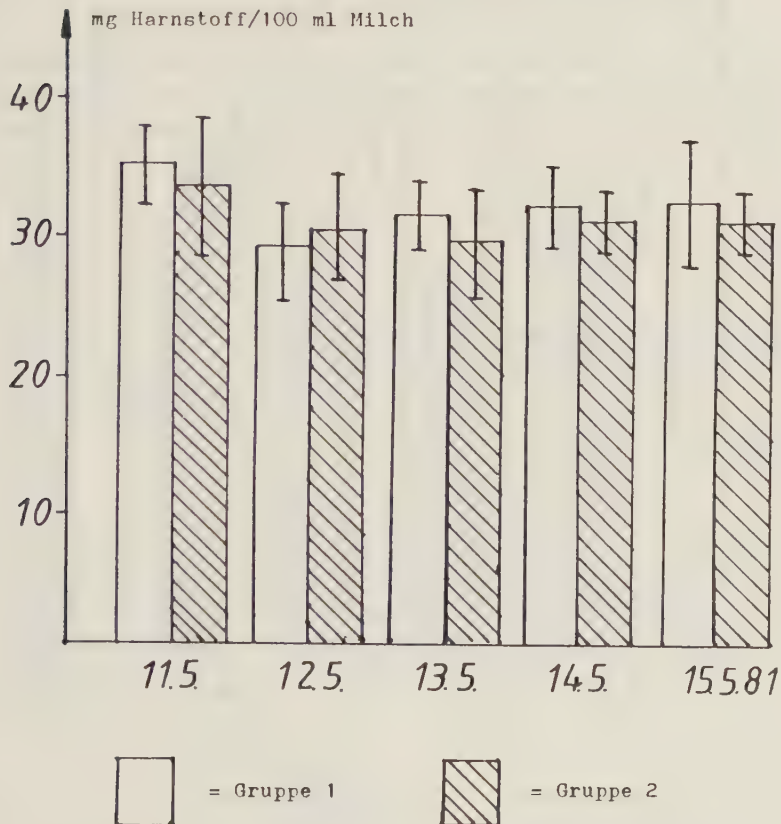
Tabelle 22

Durchschnittliches Körpergewicht (geschätzt), Berechnung der Eiweiß- und Energieaufnahme, ausgedrückt in kg FCM, sowie durchschnittliche Milchleistung und Relativer Eiweißüberschuß der Kühe aus Betrieb D (Versuch 4)

	Gruppe 1	Gruppe 2
Körpergewicht (kg)	580	680
Rohprotein für ... kg FCM	48,0	30,8
Nettoenergie Lakt. für ... kg FCM	46,0	31,9
Milch (kg FCM)	32,8	16,0
Relativer Eiweiß- überschuß (kg FCM)	2,0	-1,1

Abbildung 5

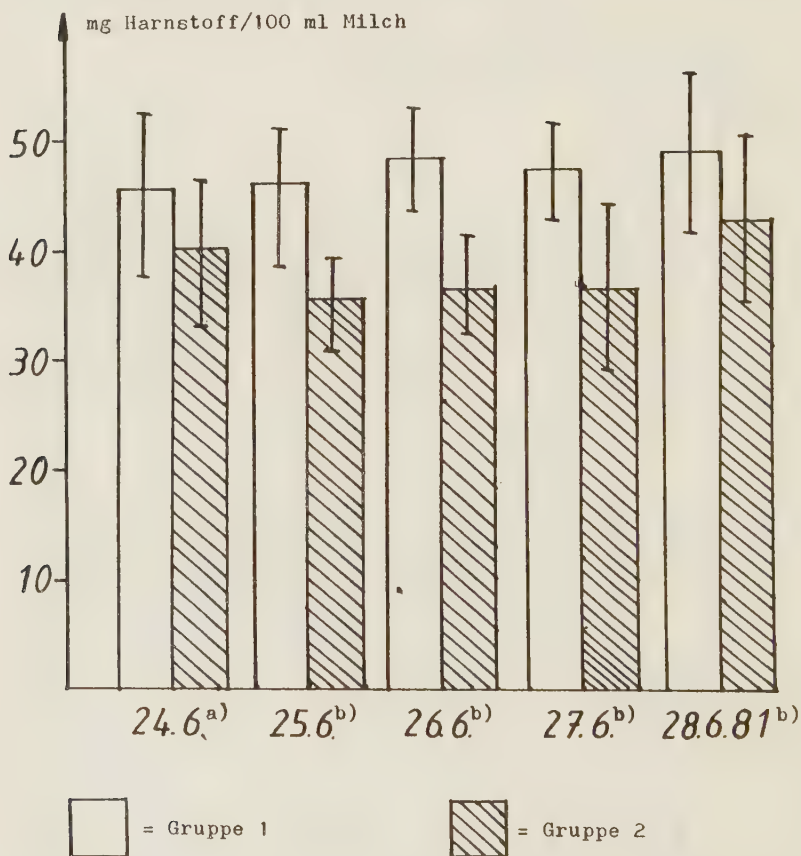
Vergleichende Darstellung des durchschnittlichen Milchharnstoffgehalts der Gruppen 1 und 2 an den 5 Versuchstagen (Betrieb C, Versuch 3)



Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind nicht signifikant.

Abbildung 6

Vergleichende Darstellung des durchschnittlichen Milchharnstoffgehalts der Gruppen 1 und 2 an den 5 Versuchstagen (Betrieb D, Versuch 4)



a) $p < 0,05$

b) $p < 0,01$

4.3. Versuche 5-7

In den Tabellen 23 und 24 sind Milchleistung, Milchwahnstoffgehalt und Relativer Eiweißüberschuß der Kühe aus Versuch 5 dargestellt.

Die statistische Auswertung von Versuch 5 ergab folgendes:

Korrelation und lineare Regression zwischen dem Relativen Eiweißüberschuß in der Futterration und dem Milchwahnstoffgehalt der Kühe aus Gruppe 1:

$$\begin{aligned}n &= 12 \\r &= -0,51 \\p &< 0,05 \\y &= -2,72 x + 35,8\end{aligned}$$

Korrelation und lineare Regression zwischen dem Relativen Eiweißüberschuß in der Futterration und dem Milchwahnstoffgehalt der Kühe aus Gruppe 2:

$$\begin{aligned}n &= 12 \\r &= -0,002 \\y &= -0,01 x + 29,6\end{aligned}$$

Korrelation und lineare Regression zwischen dem Absoluten Eiweißüberschuß in der Futterration und dem Milchwahnstoffgehalt der Kühe aus Gruppe 1:

$$\begin{aligned}n &= 12 \\r &= 0,24 \\p &> 0,05 \\y &= 0,23 x + 30,1\end{aligned}$$

Korrelation und lineare Regression zwischen dem Absoluten Eiweißüberschuß in der Futterration und dem Milchwahnstoffgehalt der Kühe aus Gruppe 2:

$$\begin{aligned}n &= 12 \\r &= -0,06 \\y &= -0,05 x + 30,0\end{aligned}$$

Tabelle 25

Milchleistung (kg FCM), Milchwarnstoffgehalt (mg/100 ml) und
Relativer Eiweißüberschuß (REU) der Kühe aus Versuch 5
(Gruppe 1)

Nummer der Kuh	Milch (kg FCM)	Harnstoff (mg/100 ml Milch)	REU (kg FCM)
529	27,5	37,5	1,3
612	34,3	30,0	0,8
662	25,7	31,5	0,2
709	23,5	26,0	1,6
487	32,6	39,0	0,3
490	32,5	24,0	3,7
587	27,9	28,0	0,4
625	26,0	36,0	1,9
743	30,5	35,5	0,5
745	23,5	26,0	2,6
752	11,0	28,5	2,3
809	33,9	41,5	1,3

Tabelle 24

Milchleistung (kg FCM), Milhharnstoffgehalt (mg/100 ml) und
Relativer Eiweißüberschuß (REU) der Kühe aus Versuch 5
(Gruppe 2)

Nummer der Kuh	Milch (kg FCM)	Harnstoff (mg/100 ml Milch)	REU (kg FCM)
418	15,3	30,0	3,9
469	31,5	32,0	1,5
523	23,3	33,0	2,0
626	21,0	23,0	2,8
639	25,2	28,0	1,4
663	21,0	25,0	1,5
476	22,8	28,5	2,9
567	26,5	33,0	1,1
585	18,4	35,5	2,6
589	9,9	28,0	1,8
591	27,8	26,0	1,8
647	22,3	32,5	2,6

In den Tabellen 25 und 26 sind Milchleistung, Milchwahnstoffgehalt und Relativer Eiweißüberschuß der Kühe aus Versuch 6 dargestellt.

Die statistische Auswertung von Versuch 6 brachte folgende Ergebnisse:

Korrelation und lineare Regression zwischen dem Relativen Eiweißüberschuß in der Futterration und dem Milchwahnstoffgehalt der Kühe aus Gruppe 1:

$$\begin{aligned}n &= 12 \\r &= -0,77 \\p &< 0,01 \\y &= -4,25 x + 45,2\end{aligned}$$

Korrelation und lineare Regression zwischen dem Relativen Eiweißüberschuß in der Futterration und dem Milchwahnstoffgehalt der Kühe aus Gruppe 2:

$$\begin{aligned}n &= 11 \\r &= -0,08 \\y &= -0,31 x + 34,8\end{aligned}$$

Korrelation und lineare Regression zwischen dem Absoluten Eiweißüberschuß in der Futterration und dem Milchwahnstoffgehalt der Kühe aus Gruppe 1:

$$\begin{aligned}n &= 12 \\r &= 0,24 \\p &> 0,05 \\y &= 0,29 x + 37,3\end{aligned}$$

Korrelation und lineare Regression zwischen dem Absoluten Eiweißüberschuß in der Futterration und dem Milchwahnstoffgehalt der Kühe aus Gruppe 2:

$$\begin{aligned}n &= 11 \\r &= -0,05 \\y &= -0,03 x + 34,1\end{aligned}$$

Tabelle 25

Milchleistung (kg FCM), Milchwarnstoffgehalt (mg/100 ml) und
Relativer Eiweißüberschuß (REU) der Kühe aus Versuch 6
(Gruppe 1)

Nummer der Kuh	Milch (kg FCM)	Harnstoff (mg/100 ml Milch)	REU (kg FCM)
621	42,2	34,5	1,7
677	37,4	40,5	1,6
620	33,0	36,0	1,6
566	40,7	47,5	0,6
546	28,2	39,5	2,5
161	35,6	38,0	1,3
485	33,0	31,5	3,3
490	35,2	29,5	2,9
664	32,0	38,5	1,7
809	36,7	41,0	1,1
630	27,0	37,5	2,0
649	30,4	39,5	0,5

Tabelle 26

Milchleistung (kg FCM), Milhharnstoffgehalt (mg/100 ml) und Relativer Eiweißüberschuß (REÜ) der Kühe aus Versuch 6 (Gruppe 2)

Nummer der Kuh	Milch (kg FCM)	Harnstoff (mg/100 ml Milch)	REÜ (kg FCM)
720	18,7	32,0	3,0
472	25,2	35,5	1,5
523	26,6	31,5	2,4
643	27,3	35,0	1,8
631	28,1	35,0	2,2
556	21,0	37,0	3,1
699	21,0	28,5	3,1
585	16,0	35,0	3,1
567	31,1	31,5	1,8
476	19,7	35,5	3,6
636	34,6	37,5	2,3

In den Tabellen 27 und 28 sind Milchleistung, Plasmaharnstoffgehalt und Relativer Eiweißüberschuß der Kühe aus Versuch 7 dargestellt.

Die statistische Auswertung von Versuch 7 brachte folgende Ergebnisse:

Korrelation und lineare Regression zwischen dem Relativen Eiweißüberschuß in der Futterration und dem Plasmaharnstoffgehalt der Kühe aus Gruppe 1:

$$\begin{aligned}n &= 14 \\r &= 0,37 \\p &> 0,05 \\y &= 2,58 x + 28,7\end{aligned}$$

Korrelation und lineare Regression zwischen dem Relativen Eiweißüberschuß in der Futterration und dem Plasmaharnstoffgehalt der Kühe aus Gruppe 2:

$$\begin{aligned}n &= 17 \\r &= -0,18 \\p &> 0,05 \\y &= -0,29 x + 17,8\end{aligned}$$

Korrelation und lineare Regression zwischen dem Absoluten Eiweißüberschuß in der Futterration und dem Plasmaharnstoffgehalt der Kühe aus Gruppe 1:

$$\begin{aligned}n &= 14 \\r &= -0,18 \\p &> 0,05 \\y &= -0,24 x + 37,9\end{aligned}$$

Korrelation und lineare Regression zwischen dem Absoluten Eiweißüberschuß in der Futterration und dem Plasmaharnstoffgehalt der Kühe aus Gruppe 2:

$$\begin{aligned}n &= 17 \\r &= 0,09 \\y &= 0,14 x + 19,4\end{aligned}$$

Tabelle 27

Milchleistung (kg FCM), Plasmaharnstoffgehalt (mg/100 ml)
und Relativer Eiweißüberschuß (REÜ) der Kühe aus Versuch 7
(Gruppe 1)

Nummer der Kuh	Milch (kg FCM)	Harnstoff (mg/100 ml Plasma)	REÜ (kg FCM)
567	33,1	16,1	1,3
576	28,1	47,1	4,0
523	46,2	39,6	1,7
591	24,7	30,0	2,4
494	28,7	32,1	4,2
557	32,9	41,8	4,5
160	24,3	33,6	2,8
757	30,3	43,9	1,3
529	28,0	37,5	2,2
556	22,4	39,6	2,7
485	23,9	46,1	4,5
367	25,8	35,4	1,4
496	19,3	27,9	3,6
776	18,9	31,1	2,1

Tabelle 28

Milchleistung (kg FCM), Plasmaharnstoffgehalt (mg/100 ml)
und Relativer Eiweißüberschuß (REU) der Kühe aus Versuch 7
(Gruppe 2)

Nummer der Kuh	Milch (kg FCM)	Harnstoff (mg/100 ml Plasma)	REU (kg FCM)
490	17,1	11,8	-6,2
558	24,7	25,7	-8,4
515	24,2	21,4	-2,8
504	27,1	10,7	-8,7
562	33,7	18,2	-10,4
493	25,2	16,1	-4,3
579	19,9	19,3	-6,9
476	27,2	12,9	-2,5
434	24,3	23,6	-6,8
499	29,4	17,1	-2,7
436	28,4	28,9	-10,7
559	28,8	25,7	-4,6
428	20,3	22,5	-7,1
276	24,1	20,4	-10,0
469	29,5	19,3	-12,4
489	23,7	24,0	-3,5
553	21,2	18,2	-6,4

4.4. Sonstige Ergebnisse

In Versuch 5 wurden die Harnstoffkonzentrationen von Blut- und Plasmaproben miteinander verglichen. Die Korrelation von Blutharnstoff zu Plasmaharnstoff ist in Abbildung 7 dargestellt.

Die statistische Auswertung ergab folgendes:

Korrelation und lineare Regression zwischen Blut- und Plasmaharnstoffproben:

$$n = 47$$

$$r = 0,86$$

$$p < 0,01$$

$$y = 1,32 x - 12,3 \text{ (siehe Abbildung 7)}$$

In den Versuchen 3 und 5 wurden die Harnstoffkonzentrationen von Milch- und Blutproben miteinander verglichen. Die Beziehung zwischen Milchharnstoff und Blutharnstoff ist in Abbildung 8 dargestellt.

Die statistische Auswertung brachte folgendes Ergebnis: Korrelation und lineare Regression zwischen Milch- und Blutproben:

Versuch 3: $n = 46$

$$r = 0,69$$

$$p < 0,01$$

$$y = 0,82 x + 9,5$$

Versuch 5: $n = 48$

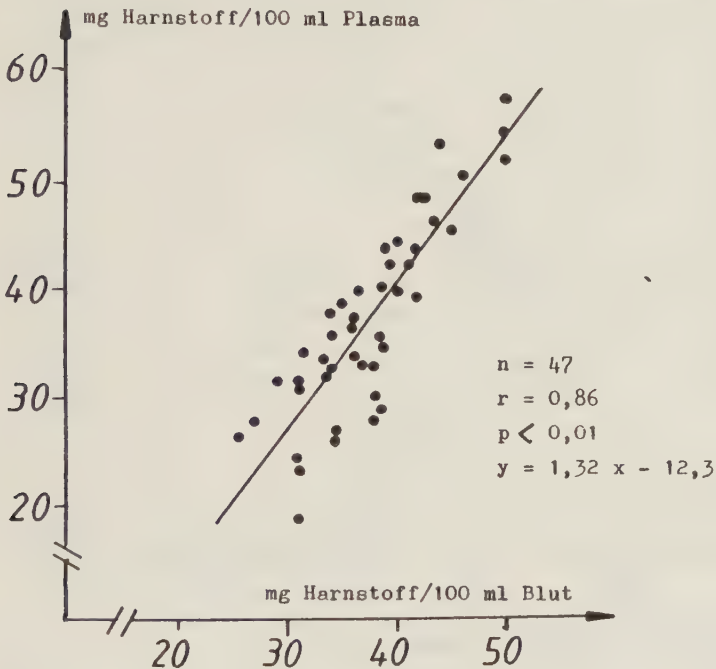
$$r = 0,80$$

$$p < 0,01$$

$$y = 0,89 x + 9,7 \text{ (siehe Abbildung 8)}$$

Abbildung 7

Harnstoffgehalt von Blut und Plasma bei 24 Kühen (Versuch 5)



Im Versuch 8 wurden die Harnstoffgehalte von Milch- und Speichelproben miteinander verglichen. Die Korrelation von Milch- und Speichelproben ist in Abbildung 9 dargestellt.

Die statistische Auswertung von Versuch 8 ergab folgendes: Korrelation und lineare Regression zwischen Milch- und Speichelproben:

$$\begin{aligned} n &= 60 \\ r &= 0,55 \\ p &< 0,01 \\ y &= 0,71 x + 8,9 \text{ (siehe Abbildung 9)} \end{aligned}$$

Abbildung 8

Harnstoffgehalt von Milch und Blut bei 10 Kühen (Versuch 3, obere Abbildung) und bei 24 Kühen (Versuch 5, untere Abb.)

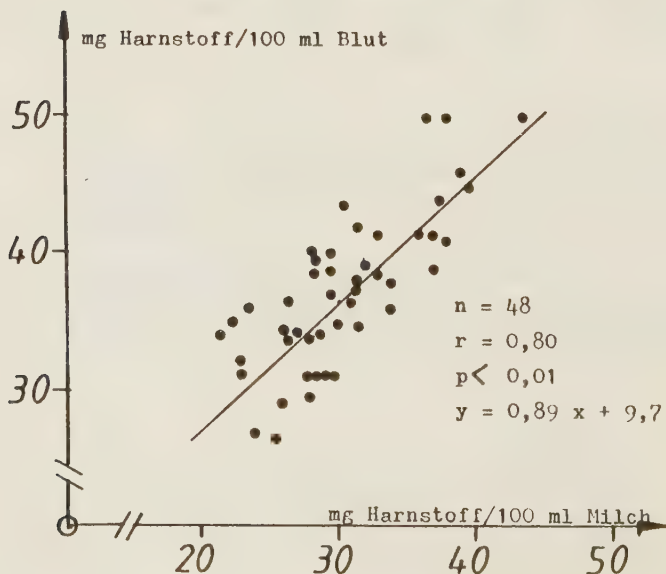
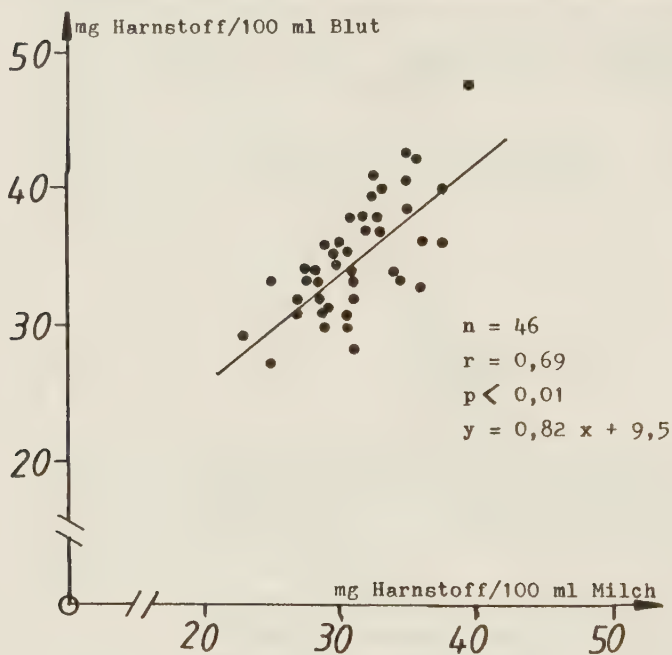
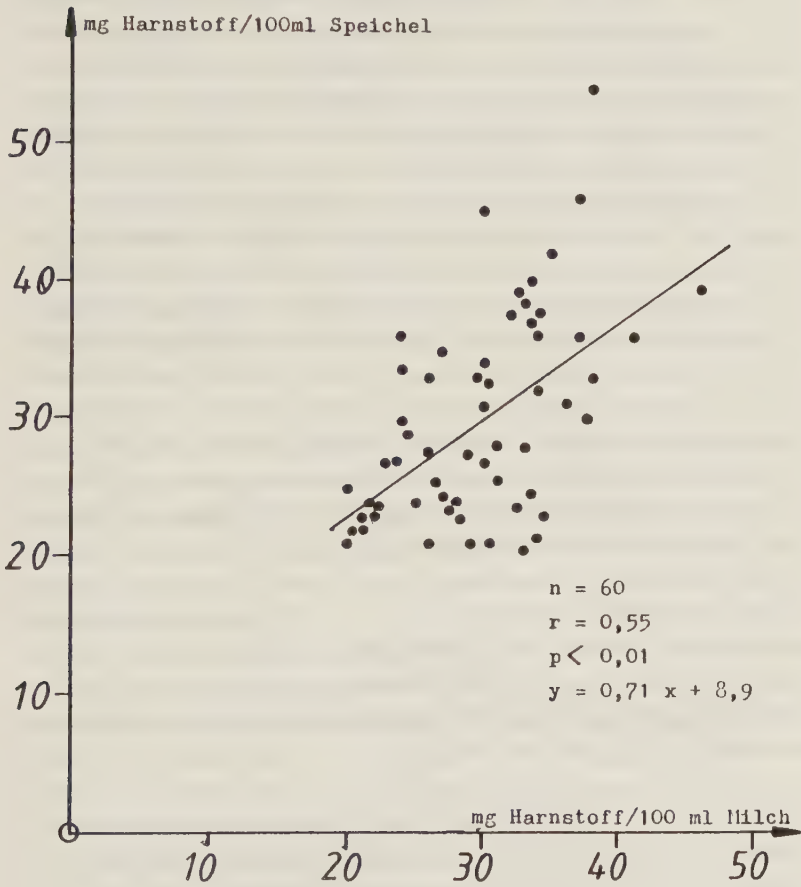


Abbildung 9: Harnstoffgehalt von Milch und Speichel bei
13 Kühen (Versuch 8)



5. Diskussion

Die Größe "Relativer Eiweißüberschuß" soll Auskunft darüber geben, ob Energie- und Proteinversorgung bei einer Kuh oder einer Gruppe von Tieren in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander stehen. Je näher diese Zahl bei Null liegt, um so günstiger ist die Fütterungssituation in wirtschaftlicher Hinsicht zu beurteilen.

Zur Berechnung dieser Größe müssen Energiedichte und Proteingehalt des Futters möglichst genau bestimmt werden. Bei Gruppenfütterung, wie z. B. in den Herden C und D, läßt sich die pro Tier aufgenommene Futtermenge überhaupt nicht nachprüfen. Man muß vielmehr den Durchschnittswert der Gruppe als Rechengrundlage hernehmen, was natürlich dem Einzeltier nur bedingt gerecht wird und eine erhebliche Fehlerquelle darstellen kann. Auch bei Tieren, die ihr Kraftfutter individuell erhalten, mit Grundfutter aber ad libitum versorgt werden (Betrieb B), ist die Schätzung der pro Tier verzehrten Menge schwierig.

Werden jedoch die Tiere absolut individuell gefüttert, was in den Betrieben A und E der Fall war, so läßt sich die aufgenommene Energie- und Proteinmenge ziemlich genau feststellen, wenn man die Futterkomponenten analysiert bzw. deren Rohproteingehalt und Nettoenergiedichte aus den entsprechenden Tabellen ermittelt.

In der bei uns noch gebräuchlichen Berechnungsart (g verd. Eiweiß für die Proteinbewertung und Stärkeeinheiten als Energiemaßstab) sind viele Ungenauigkeiten enthalten, angefangen bei der Schätzung der Verdaulichkeit, die bei ein und derselben Futterkomponente je nach Zusammensetzung der Ration stark schwanken kann. Auch "Wertigkeit" und "Rohfaserabzug" stellen relativ ungenaue Größen dar.

In Israel wird die Futterbewertung auf der Basis "Nettoenergie Laktation" durchgeführt. Zur Berechnung der Ener-

giedichte des Futters ist der Energiegehalt der einzelnen Futterkomponenten in den NRC-Richtlinien (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1978) aufgeführt. Diese Liste sollte aber eher als Anhaltspunkt zum Erstellen von Rationen betrachtet werden denn als präziser Maßstab für die Nährstoffzusammensetzung. Die Zusammensetzung vieler Futtermittel ist abhängig von Klima, Boden, Reifezustand und Gewinnung und somit sehr variabel. Aus diesem Grunde ist es schwierig, die Energiedichte des Futters richtig einzuschätzen, auch wenn nur wenige Futterkomponenten verwendet werden. Außerdem sind die NRC-Tabellen für in Amerika übliche Futtermittel geschrieben; viele der in Israel verwendeten Futterbestandteile sind nur ungefähr nach diesen Richtlinien zu beurteilen.

Neben diesen Schwierigkeiten, die bei der Berechnung der Eiweiß- und Energieaufnahme auftreten, muß noch bedacht werden, daß die Größe "Relativer Eiweißüberschuß" nichts aussagt über die Milchleistung einer Kuh. Zur Erläuterung dieser Tatsache soll hier noch einmal auf die Berechnung eingegangen werden.

Der "Relative Eiweißüberschuß" (REU) wird als Differenz zwischen "Absolutem Eiweißüberschuß" (AEU) und "Energieüberschuß" (EU) berechnet (s. Gleichung I). Der Absolute Eiweißüberschuß ist die Differenz zwischen Proteinaufnahme über dem Erhaltungsbedarf (PA) und Milchmenge (MM; Gleichung II). Analog ist der Energieüberschuß die Differenz zwischen Energieaufnahme über dem Erhaltungsbedarf (EA) und Milchmenge (Gleichung III). Alle Größen sind in "kg FCM" ausgedrückt.

$$\text{I) } \text{REU} = \text{AEU} - \text{EU}$$

$$\text{II) } \text{AEU} = \text{PA} - \text{MM}$$

$$\text{III) } \text{EU} = \text{EA} - \text{MM}$$

Setzt man nun II) und III) in Gleichung I), dann erhält man

$$REU = (PA - MM) - (EA - MM) \quad \text{oder}$$

$$REU = PA - EA$$

Mit anderen Worten: Der Relative Eiweißüberschuß ist die Differenz zwischen Proteinaufnahme und Energieaufnahme (jeweils abzüglich Erhaltungsbedarf), ausgedrückt in kg FCM.

Die Milchmenge fällt aus der Gleichung, braucht also bei der Berechnung gar nicht berücksichtigt zu werden.

Aus dieser Tatsache ergibt sich, daß die Größe "Relativer Eiweißüberschuß" nicht erkennen läßt, ob eine Kuh oder eine Gruppe von Tieren im Verhältnis zu ihrer Milchleistung unter- oder überversorgt ist.

Als Beispiel dafür seien die Kühe aus Betrieb D angeführt (siehe Tabelle 22).

Die Kühe der Gruppe 1 erhalten Protein für 48,0 kg FCM und Energie für 46,0 kg FCM bei einer durchschnittlichen Milchleistung von 32,8 kg FCM.

Setzt man diese Werte in die Gleichungen II) und III) ein, dann ergibt sich

$$\text{II)} \quad AEU = 48,0 - 32,8 = 15,2$$

$$\text{III)} \quad EU = 46,0 - 32,8 = 13,2$$

Diese Werte, in I) eingesetzt, ergeben

$$\text{I)} \quad REU = 15,2 - 13,2 = 2,0$$

Die Tiere aus Gruppe 2 erhalten Protein für 30,8 kg FCM, Energie für 31,9 kg FCM und geben durchschnittlich 16,0 kg FCM.

Bei Berechnung wie oben ergibt sich:

$$\text{II)} \quad AEU = 30,8 - 16,0 = 14,8$$

$$\text{III)} \quad EU = 31,9 - 16,0 = 15,9 \quad \text{und}$$

$$\text{I)} \quad REU = 14,8 - 15,9 = -1,1$$

Betrachtet man nun bei diesem Beispiel die Gleichung II) bei beiden Gruppen, so sieht man, daß der "Absolute Eiweißüberschuß" 15,2 bzw. 14,8 kg FCM beträgt. Beide Gruppen sind also im Verhältnis zu ihrer Milchleistung sehr stark mit Eiweiß überversorgt. Ähnliches gilt für die Energieversorgung, wie man aus Gleichung III) ersehen kann. Der "Relative Eiweißüberschuß" ist aber einmal positiv (Gruppe 1: 2,0 kg FCM), das andere Mal negativ (Gruppe 2: -1,1 kg FCM), wie Gleichung I) zeigt.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Größe "Relativer Eiweißüberschuß" wegen der Schwierigkeiten in der Futterbewertung nur mit relativ großer Ungenauigkeit berechnet werden kann. Noch dazu sagt diese Größe für sich allein gesehen wenig über die tatsächliche Eiweiß- und Energieversorgung einer Kuh oder einer Gruppe von Kühen aus.

Wegen dieser Unzulänglichkeiten ist es nicht verwunderlich, daß in den meisten Versuchen der Milchwurstoffspiegel zum Relativen Eiweißüberschuß nicht besonders hoch korreliert ist. Am besten ist die Korrelation noch in Versuch 1. Gruppe 1 bekam in der Versuchsperiode (VP) 1 das proteinärmere Kraftfutter, in VP 2 das eiweißreichere (siehe Tabelle A 1). Es trat auch der erwartete Anstieg der Milchwurstoffkonzentration ein, wenn auch nicht bei allen Kühen im gleichen Maße (Tabelle 18).

Bei Gruppe 2 hingegen war das Kraftfutterangebot genau umgekehrt: In VP 1 gab es proteinreiches Konzentrat, in VP 2 das eiweißärmere (Tabelle A 2). Betrachtet man aber die Eiweiß- und Energieversorgung dieser Kühe (Tabelle A 4), dann erkennt man, daß das Eiweißangebot bei den meisten Tieren in beiden Versuchsabschnitten ziemlich ähnlich ist, während das Energieangebot in VP 2 deutlich höher liegt als in VP 1. Der Relative Eiweißüberschuß ist also im 2. Abschnitt deutlich niedriger als im ersten, was aber nicht auf ein Absinken der Proteinkonzentration, sondern

auf einen Anstieg der Energiedichte im Futter zurückzuführen ist. Der Milchharnstoffspiegel aber ist in VP 2 gegenüber VP 1 kaum niedriger (Tabelle 19). Also ist in dieser Gruppe die Korrelation zwischen dem Relativen Eiweißüberschuß und dem Milchharnstoffgehalt viel niedriger als bei den Kühen der Gruppe 1, was aus den Abbildungen 1 und 2 zu ersehen ist. Setzt man den Milchharnstoffspiegel aber in Beziehung zum "Absoluten Eiweißüberschuß", wie es in den Abbildungen 3 und 4 dargestellt ist, so ergibt sich für beide Gruppen eine höhere Korrelation. Aus diesem Ergebnis läßt sich der Schluß ziehen, daß bei ausreichendem bis hohem Proteinangebot eine überhöhte Energiezufuhr nur einen sehr geringen Einfluß auf den Milchharnstoffgehalt hat, daß also - zumindest in diesem Fall - der Relative Eiweißüberschuß als Bezugsgröße für den Harnstoffspiegel nicht geeignet ist.

In Versuch 2 gab es in der Futterversorgung nur geringe Unterschiede zwischen den Kühen. Die Grundfutteraufnahme war bei allen Tieren gleich (siehe Tabelle 5), die Kraftfuttermenge schwankte zwischen 10 und 12 kg pro Tier und Tag (siehe Tabelle A 5). Der errechnete Relative Eiweißüberschuß liegt zwischen 2,0 und 3,5 kg FCM, die durchschnittlichen Milchharnstoffwerte liegen zwischen 23,8 und 30,4 mg/100 ml (siehe Tabelle 20). Es besteht nur eine niedrige Korrelation zwischen dem Relativen Eiweißüberschuß und dem Milchharnstoffspiegel ($r = 0,35$), auch die Korrelation zwischen dem Absoluten Eiweißüberschuß und den Milchharnstoffwerten ist nicht viel höher ($r = 0,56$). Beide Beziehungen sind nicht signifikant ($p > 0,05$). Aus diesem Ergebnis läßt sich der Schluß ziehen, daß bei ähnlich versorgten Kühen der Relative Eiweißüberschuß keine geeignete Bezugsgröße für den Milchharnstoffgehalt darstellt, weil die zu erwartenden relativ geringen Schwankungen außer durch das Futter noch durch andere Einflüsse (z. B. Alter und Laktationsstadium der Tiere) bewirkt werden können.

In den Versuchen 5-7 wurde (im Gegensatz zu Versuch 2) genau ermittelt, wieviel Futter jedes einzelne Tier aufnahm. Obwohl damit der Relative Eiweißüberschuß genau berechnet werden konnte, ergibt sich in keinem der drei Versuche eine hohe positive Korrelation zwischen dem Relativen Eiweißüberschuß und dem Milch- bzw. Plasmaharnstoffspiegel. Auch der Absolute Eiweißüberschuß steht in keinem der Versuche in hoher Korrelation zu den Harnstoffwerten. Schwierigkeiten in der Futterbewertung erklären diese Tatsache meiner Meinung nach nur unzureichend. Ich glaube, daß gerade bei Hochleistungskühen die Unterschiede im Milch- und Plasmaharnstoffgehalt zwischen den Tieren auch durch unterschiedliche Beteiligung der körpereigenen Proteinreserven ausgelöst werden, was aber im Einzelfall nur sehr schwer nachzuweisen ist.

Daß aber bei Gruppen von Kühen durchaus ein Zusammenhang zwischen dem Relativen Eiweißüberschuß und dem Milchwarnstoffgehalt besteht, zeigen die Ergebnisse aus Versuch 4. Bei diesen Kühen errechnet sich ein Relativer Eiweißüberschuß von 2,0 kg für Gruppe 1 bzw. von -1,1 kg FCM für Gruppe 2 (siehe Tabelle 22). Die entsprechenden Milchwarnstoffwerte sind in Abbildung 6 aufgeführt. Als Durchschnittswert aller Kühe einer Gruppe ergibt sich für Gruppe 1 eine Milchwarnstoffkonzentration von $46,9 \pm 6,0$ mg/100 ml, für Gruppe 2 ein Wert von $38,1 \pm 6,7$ mg/100 ml. Hier weist also die höher versorgte Gruppe 1 einen deutlich höheren Harnstoffgehalt in der Milch auf.

Die Ergebnisse des Versuchs 3 zeigen, daß die Milchwarnstoffwerte bei beiden Gruppen auf ähnlichem Niveau liegen ($31,8 \pm 3,8$ mg/100 ml bei Gruppe 1 bzw. $30,5 \pm 3,4$ mg/100 ml bei Gruppe 2; siehe Abbildung 5), wenn der errechnete Relative Eiweißüberschuß auch etwa gleich hoch ist (-3,9 kg FCM bzw. -3,2 kg FCM; siehe Tabelle 21). Bei beiden Gruppen ist ein relatives Eiweißdefizit vorhanden; diese Tatsache erklärt auch die im Vergleich zu Versuch 4 deutlich niedrigeren Milchwarnstoffwerte.

Aus den Ergebnissen der Versuche 3 und 4 läßt sich ein Zusammenhang zwischen dem Rohproteingehalt des Futters mit dem Milchwurstoffspiegel herstellen. Im Versuch 3 enthält das Futter der Gruppe 1 15,6 % Rohprotein, das der Gruppe 2 15 %. Die durchschnittlichen Wurstoffwerte liegen bei 31,8 bzw. 30,5 mg/100 ml Milch. Im Versuch 4 ist der Rohproteingehalt des Futters weit höher, nämlich 19,4 % bei Gruppe 1 und 17,0 % bei Gruppe 2. Die entsprechenden Milchwurstoffwerte betragen 46,9 bzw. 38,1 mg pro 100 ml. FOLMAN et al. (1981) beschrieben einen ähnlichen Zusammenhang zwischen Rohproteingehalt des Futters und Wurstoffgehalt des Plasmas: Bei 16 % Rohprotein im Futter betrug die Wurstoffkonzentration im Plasma 8,8 mg/100 ml, bei 20 % Rohprotein im Futter lag der Wurstoffspiegel im Plasma bei 15,4 mg/100 ml. Auch wenn in den dort beschriebenen Versuchen die Wurstoffwerte insgesamt sehr viel niedriger liegen als in den hier aufgeführten Versuchen 3 und 4, so ist dennoch der Zusammenhang zwischen erhöhter Proteinkonzentration im Futter und erhöhtem Wurstoffgehalt in der Milch bzw. im Plasma erkennbar.

Zur Bestätigung der sehr engen Beziehung zwischen Milch- und Blutharnstoffkonzentration wurden in zwei Feldversuchen Milch- und Blutproben genommen. ECKART (1980) hatte eine sehr enge Korrelation ($r = 0,96$) zwischen Milch- und Serumharnstoff nachgewiesen. Es war ihm nicht möglich gewesen, Wurstoff in Vollblutproben zu bestimmen. Die Reflotest^R-Urea/Reflomat^R-Methode läßt dies aber zu. Im Versuch mit 10 Kühen über 5 Tage lag die Korrelation zwischen Blut- und Milchwurstoff mit $r = 0,69$ niedriger als im Versuch mit 24 Kühen über zwei Tage, wo der Korrelationskoeffizient 0,80 betrug. Beide Werte liegen deutlich unter dem ECKART'schen Ergebnis, was aber nicht unbedingt darauf zurückzuführen ist, daß die Beziehung zwischen Milch- und Blutharnstoff nicht so eng ist wie die

zwischen Milch- und Serumharnstoff. Man muß vielmehr bedenken, daß hier die Analysen unter Feldbedingungen durchgeführt wurden, während ECKART (1980) die Harnstoffbestimmungen im Labor vornahm.

In einem weiteren Versuch wurde die Harnstoffbestimmung aus Blutproben im Feld durchgeführt. Anschließend wurden die Proben ins Labor gebracht und zentrifugiert. Von den so erhaltenen Plasmaproben wurde dann im Labor der Harnstoffgehalt bestimmt. Die Korrelation zwischen Blut- und Plasmaharnstoff ist relativ gut ($r = 0,86$; $p < 0,01$; s. Abb. 7), lediglich für Plasmaharnstoffkonzentrationen unter 30 mg/100 ml weichen einige Werte etwas stärker von der Regressionsgeraden ab. Diese Tatsache ist dadurch zu erklären, daß bei Werten unter 30 mg/100 ml die Skala des Reflomat relativ ungenau ist und deswegen bei niedrigen Werten nur ungenügend differenziert werden kann.

Im allgemeinen aber ist die Korrelation zwischen Blut- und Plasmaharnstoff hoch. Dies ist auch nicht anders zu erwarten, denn dadurch, daß Harnstoff sehr leicht durch Membranen diffundiert, darf man davon ausgehen, daß die Harnstoffkonzentration in den Blutzellen der extrazellulären Harnstoffkonzentration zumindest sehr ähnlich ist. Also ändert sich auch durch die Entfernung der Blutzellen der Harnstoffgehalt nicht wesentlich.

Die Verwendung von Natriumheparinat als Gerinnungshemmer führt zu keiner signifikanten Beeinflussung des Ergebnisses (KRUSE-JARRES et al., 1980), so daß auch dadurch keine Ungenauigkeiten zu erwarten sind.

In Versuch 8 sollte untersucht werden, ob die Harnstoffkonzentration im Speichel mit dem Milchwarnstoff korreliert. Diese Korrelation ist nicht sehr hoch ($r = 0,55$; siehe Abbildung 9), was teils damit zu erklären ist, daß manche Speichelproben durch Futterreste verunreinigt waren. Auch konnte man nicht in jedem Fall sagen, daß

die Flüssigkeit, die aus der Mundhöhle abtropfte, auch wirklich Speichel war. Es mischte sich nämlich öfter Schweiß vom Flotzmaul mit in die Flüssigkeit, so daß die Harnstoffkonzentration in manchen Proben sehr hoch war. Auch war die Probennahme bei manchen Kühen anfangs nicht einfach; die Tiere waren unruhig und wehrten sich gegen die Manipulationen.

Zu der von SOMERS (1961) beschriebenen hohen Korrelation ($r = 0,96$, $p = 0,001$) ist zu sagen, daß diese Werte von Tieren stammten, bei denen Speichel mit einer Parotissfistel gewonnen wurde. So war also der Speichel nicht verschmutzt und kam auch nicht mit Keimen der Mundhöhle in Berührung. Außerdem fehlen dem so gewonnenen Parotisspeichel die mehr mukösen Anteile der übrigen Speicheldrüsen, in denen nicht unbedingt dieselbe Harnstoffkonzentration vorliegen muß wie im serösen Parotisspeichel.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Bestimmung der Harnstoffkonzentration in Speichelproben im Feldversuch zu relativ ungenauen Ergebnissen führt. Diese Werte können nur sehr bedingt als Maßstab für die tatsächlich im Blut vorliegenden Harnstoffwerte herangezogen werden. Auch ist die Methode der Speichelprobennahme keine Vereinfachung im Vergleich zur Milch- oder Blutprobengewinnung.

Im Rahmen der Versuche in Israel sollte geprüft werden, ob sich die Reflotest^R-Urea/Reflomat^R-Methode zur Harnstoffbestimmung auch im Feld bewährt. Der Nachweis, daß diese Methode mit anderen Harnstoffbestimmungsverfahren im Labor gut übereinstimmt, wurde von mehreren Autoren erbracht (CONTESSE et al., 1979, KRUSE-JARRES et al., 1980, SCHILLINGER et al., 1982). In den hier beschriebenen Versuchen sollte nicht der Vergleich mit anderen Methoden gesucht werden, sondern es sollte allein die Reflotest^R-Urea/Reflomat^R-Methode unter Feldbedingungen getestet werden.

Diese Methode ist relativ einfach durchzuführen. Als Arbeitsplatz genügt ein Tisch, zum Betrieb des Reflomat^R ist eine Steckdose erforderlich. Zum Auftragen der Proben auf die Teststreifen ist eine Mikropipette mit einem Hubvermögen von 10 Mikrolitern nötig. Außer dem relativ geringen Materialaufwand hat die Reflotest^R-Urea/Reflomat^R-Methode den weiteren Vorteil, daß sie im Vergleich zu anderen Verfahren wenig Zeit erfordert. Schon zehn Minuten nach dem Auftragen der Probe auf den Teststreifen kann das Ergebnis direkt von der Skala des Photometers abgelesen werden. Mit etwas Übung ist es ohne weiteres möglich, 10 bis 15 Proben in einer knappen halben Stunde auszuwerten.

Bei der Anwendung der Reflotest^R-Urea/Reflomat^R-Methode sind einige Punkte zu beachten. So muß z. B. vor dem Beginn der Analysen der Reflomat^R etwa eine halbe Stunde warmlaufen; auch die Teststreifen, die im Kühlschrank aufbewahrt werden, müssen auf Zimmertemperatur erwärmt sein. Die Untersuchung der Proben sollte möglichst schnell nach der Gewinnung erfolgen, und zwar außerhalb des Stalles, damit das Ergebnis nicht durch die ammoniakhaltige Stallluft verfälscht wird. Es ist auch möglich, die Proben zu kühlen und sie später zu analysieren. Auch Tiefgefrieren und Wiederauftauen verändert den Harnstoffgehalt der Proben nicht (ECKART, 1980).

Von Nachteil beim Reflotest^R-Urea/Reflomat^R-Verfahren ist die Tatsache, daß bei Harnstoffkonzentrationen unter 30 mg/100 ml Testsubstanz Ungenauigkeiten auftreten können. Die Skala für diese niedrigen Werte ist nur sehr grob eingeteilt, so daß eine genaue Differenzierung nur sehr schwer möglich ist. Bei Harnstoffwerten unter 20 mg pro 100 ml Testsubstanz versagt diese Methode völlig. Will man aus derart niedrigen Bereichen genaue Resultate, muß man auf andere Testverfahren ausweichen.

6. Zusammenfassung

Ziel der Untersuchung war die Ermittlung von Beziehungen zwischen Milchwarnstoff einerseits und der Protein- und Energieversorgung andererseits bei Hochleistungskühen. Die Harnstoffbestimmungen wurden mit einem für Feldbedingungen geeigneten Gerät durchgeführt, die Nährstoffversorgung wurde über Tabellenwerte berechnet. Insgesamt wurden 529 Milchproben aus 5 Betrieben von 178 Kühen untersucht. Folgende Ergebnisse wurden erhalten:

Die Harnstoffkonzentration in Plasma und Vollblut ist hoch korreliert, ebenso die Milchwarnstoffkonzentration mit den Blutwerten. Hingegen streuen die Konzentrationen im Speichel sehr stark, die Korrelation zu den Milchwerten ist für diagnostische Zwecke zu niedrig.

Die positive Korrelation zwischen "Relativem Eiweißüberschuß" und Milchwarnstoffkonzentration war nur in einem Teil der Untersuchungen (Herden, Versuchsgruppen) vorhanden. In anderen Fällen bestand keine oder sogar eine negative Beziehung.

Die Abweichungen von früheren Untersuchungen dürften aus methodischen Fehlern (Analytik, Schätzung der Nährstoffaufnahme) allein nicht zu erklären sein. Der "Relative Eiweißüberschuß" als hauptsächliche Bestimmungsgröße für die Höhe der Plasma- und Milchwarnstoffkonzentration wird in Frage gestellt.

Summary

Milk Urea and Protein and Energy Intake in High Yielding Dairy Cows.

The relationship between milk urea levels and protein and energy intake in high yielding dairy cows was investigated. Urea values were determined with a photometer designed for use under field conditions. Nutrient intake was estimated from feed tables. Urea concentrations of 529 milk samples obtained from 178 cows on five farms were evaluated. The results are as follows:

There is a high correlation between the urea concentrations of plasma and blood and also between milk and blood urea concentrations. Only a small correlation was found between the urea concentrations of saliva and milk; thus urea in saliva samples is no adequate indicator of the urea concentration in the body fluids.

There was a positive correlation between the "relative protein excess" and the milk urea concentrations only in a part of the experiments. In most other cases there was no or even a negative correlation.

The differences to earlier experiments cannot only be explained by errors of the urea determination and of the estimation of nutrient intake. It is concluded that the "relative protein excess" is no common parameter for protein and energy supply.

7. Literaturverzeichnis

BHATTACHARYA, A. N., and J. C. TAYLOR, 1975

Recycling animal waste as a feedstuff: A review.

J. Anim. Sci. 41, 1438-1457

BURG, M. B., S. HELMAN, J. GRANTHAM, and J. ORLOFF, 1970

Effect of vasopressin on the permeability of isolated rabbit cortical collecting tubules to urea, acetamide and thiourea.

In: Urea and the Kidney (Eds.: B. Schmidt-Nielsen and D. W. S. Kerr), Excerpta Medica Foundation, Amsterdam, pp. 193-199

CHENG, K.-J., and J. W. COSTERTON, 1980

Adherent rumen bacteria - their role in the digestion of plant material, urea and epithelial cells.

In: Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants (Eds.: Y. Ruckebusch and P. Thivend), MTP Press Ltd., Lancaster, pp. 227-250

CHENG, K.-J., and R. J. WALLACE, 1979

The mechanism of passage of endogenous urea through the rumen wall and the role of ureolytic epithelial bacteria in the urea flux.

Br. J. Nutr. 42, 553-557

COCIMANO, M. R., and R. A. LENG, 1967

Metabolism of urea in sheep.

Br. J. Nutr. 21, 353-371

CONTESSE, J., G. HARTMANN, H. J. GIBITZ, D. HAUCH, J. P. HAESSEN, F. C. SITZMANN, P. U. KOLLER, und W. A. POPPE, 1979

Die reflexionsphotometrische Bestimmung von Harnstoff mit Reflotest[®]-Urea: Erste Ergebnisse aus der klinischen Erprobung.

Med. Labor. 32, 273-281

DEETJEN, P., J. W. BOYLAN, und K. KRAMER, 1973

Niere und Wasserhaushalt.

In: Physiologie des Menschen (Hg.: O. H. Gauer, K. Kramer und R. Jung), Urban und Schwarzenberg, München, Band 7

DRORI, D., and Y. FOLMAN, 1973

Protein requirements of lactating cows and rats.

Page 10 in Israeli-Swedish Sem. in Dairy Husbandry
Agricultural College Sweden, Report 26

ECKART, K., 1980

Bestimmung des Harnstoffgehalts in der Milch - ein
Beitrag zur Beurteilung der Protein- und Energiever-
sorgung bei Kühen.

Dissertation, München

ERBERSDOBLER, H. F., und H. ZUCKER, 1978

Proteinqualitätsuntersuchungen an der Jahresproduk-
tion Magermilchpulver eines Trockenmilchwerkes.

1. Mitt.: Zusammenhänge zwischen dem Rohprotein-,
Lysin- und Harnstoffgehalt im jahreszeitlichen Ablauf.
Milchwissenschaft 33, 551-554

ERBERSDOBLER, H. F., K. ECKART, und H. ZUCKER, 1979

Harnstoffanalysen in der Milch unterschiedlich ver-
sorgter Kühe.

Landwirtsch. Forsch., Sonderh. 36, Kongreßband Gießen

ERBERSDOBLER, H. F., und H. ZUCKER, 1980

Harnstoffgehalt der Milch - ein Indikator der Protein-
versorgung von Milchkühen.

Kraftfutter 63, 10-11

ERBERSDOBLER, H. F., K. ECKART, A. SCHWAYER, and H. ZUCKER,
1980

Effects of protein and energy intake on milk urea
levels.

In: Protein Metabolism and Nutrition (Eds.: H. J.
Oslage and K. Rohr), Janssen Services, London,
pp. 529-533

- FOLMAN, Y., H. NEUMARK, M. KAIM, and W. KAUFMANN, 1981
Performance, rumen and blood metabolites in high-yielding cows fed varying protein percents and protected soybean.
J. Dairy Sci. 64, 759-768
- HARMEYER, J., J. VÁRADY, R. BIRCK, und H. MARTENS, 1973
Der Harnstoffverteilungsraum bei kleinen Wiederkäuern bei Fütterung und bei Hunger.
Arch. Tierernähr. 23, 537-553
- HARMEYER, J., and H. MARTENS, 1980
Aspects of urea metabolism in ruminants with reference to the goat.
J. Dairy Sci. 63, 1707-1728
- HECKER, J. F., 1971
Metabolism of nitrogenous compounds in the large intestine of sheep.
Br. J. Nutr. 25, 85-95
- HECKER, J. F., 1971
Ammonia in the large intestine of herbivores.
Br. J. Nutr. 26, 135-145
- HEIMAN, M. M., und B. LOEW, 1981
Zuchtungsverhältnisse und Fütterungsmethoden in Israel.
Kraftfutter 64, 176-178
- HILL, H., 1976
Die Verdauung.
In: Scheunert - Trautmann, Lehrbuch der Veterinärphysiologie (Hg.: K. Bronsch et al.), 6. Auflage
Verlag Paul Parey, Berlin - Hamburg
- HOUP, T. R., 1959
Utilization of blood urea in ruminants.
Am. J. Physiol. 197, 115-120

HOUPT, T. R., and K. A. HOUPT, 1968

Transfer of urea nitrogen across the rumen wall.

Am. J. Physiol. 214, 1296-1303

JORDAN, E. R., and L. V. SWANSON, 1979

Effect of crude protein on reproductive efficiency, serum total protein, and albumin in the high-producing dairy cow.

J. Dairy Sci. 62, 58-63

JOURNET, M., R. VERITE, und B. VIGNON, 1975

L'azote non protéique du lait: facteurs de variation.

Le Lait 52, 212-223

JUHÁSZ, B., 1970

Stickstoffumsatz im Pansen und im Intermediärstoffwechsel des Wiederkäuers.

Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Math.-Nat. R. XIX, 19-28

KAIM, M., Y. FOLMAN, and H. NEUMARK, 1981

Persönliche Mitteilung

KIRCHGESSNER, M., 1975

Tierernährung.

3. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt (Main)

KRUSE-JARRES, J. D., F. DUNSBAUGH, O. GOESLER, F. KALT-WASSER, W. MINDER, U. SASSE, W. BABLOK, P. U. KOLLER, und W. A. POPPE, 1980

Harnstoffbestimmung mit Reflotest^R-Urea in Blut und Serum.

Deutsche Medizinische Wochenschrift 21, 756-761

MORGAN, T., and R. W. BERLINER, 1968

Permeability of the loop of Henle, vasa recta, and collecting duct to water, urea, and sodium.

Am. J. Physiol. 215, 108-115

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1978

Nutrient requirements of dairy cattle.

Nat. Acad. of Sci., Washington, D. C.

SACHS, L., 1973

Angewandte Statistik.

4. Auflage, Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York

SCHILLINGER, D., A. B. HOLSTEIN, und H. ERBERSDOBLER, 1982

Bestimmung des Harnstoffgehaltes in der Milch mittels Teststreifen (REFLOTTEST^R-Urea) und reflektometrischer Auswertung (REFLOMAT^R).

Zbl. Vet. Med., im Druck

SOMERS, M., 1961

Factors influencing the secretion of nitrogen in sheep saliva. 2. The influence of nitrogen intake upon blood urea nitrogen and upon the total nitrogen and urea nitrogen in the parotid saliva of sheep.

Aust. J. exp. Biol. 39, 123-132

STEVENS, C. E., R. A. ARGENZIO, and E. T. CLEMENS, 1980

Microbial digestion: rumen versus large intestine.

In: Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants (Eds.: Y. Ruckebusch and P. Thivend), MTP Press Ltd., Lancaster, pp. 685-706

STÜBER, M., 1978

Vergiftungen durch organische Stoffe.

In: Krankheiten des Rindes (Hg.: G. Rosenberger), 2. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin - Hamburg

THORNTON, R. F., and B. W. WILSON, 1972

Factors affecting the urinary excretion of urea nitrogen in cattle. 3. High plasma urea nitrogen concentrations.

Aust. J. Agric. Res. 23, 727-734

TREACHER, R. J., W. LITTLE, K. A. COLLIS, and A. J. STARK, 1976

The influence of dietary protein intake on milk production and blood composition of high-yielding dairy cows.

J. Dairy Res. 43, 357-369

ULLRICH, K. J., 1973

Permeability characteristics of the mammalian nephron.

In: Handbook of Physiology, Section 8: Renal Physiology (Eds.: J. Orloff and R. W. Berliner), Am. Phys. Soc., Washington, D. C., pp. 377-398

ULYATT, M. J., D. W. DELLOW, C. S. W. REID, and T. BAUCHOP, 1975

Structure and function of the large intestine of ruminants.

In: Digestion and Metabolism in the Ruminant (Eds.: I. W. McDonald and A. C. I. Warner), Armidale, Univ. New Engl. Publ. Unit, pp. 119-133

WHITE, I. G., 1974

Mammalian semen.

In: Reproduction in farm animals. 3rd ed. E. S. E. Hafez, ed. Lea and Febiger, Philadelphia, p. 119

WOLFSCHOON-POMBO, A., H. KLOSTERMEYER, J. BUCHBERGER, und R. GRAML, 1981

Harnstoff in der NPN-Fraktion der Kuhmilch - Bestimmung, Vorkommen und Beeinflussung.

Milchwissenschaft 36, 462-466

WRONG, O., B. J. HOUGHTON, P. RICHARDS, and D. R. WILSON, 1970

The fate of intestinal urea in normal subjects and patients with uremia.

In: Urea and the Kidney (Eds.: B. Schmidt-Nielsen and D. W. S. Kerr), Excerpta Medica Foundation, Amsterdam, pp. 461-470

ZUCKER, H., und A. STEGER, 1975

Exzessiv hohe Proteinzufuhr bei Wiederkäuern - Orientierende Untersuchungen an Zwergziegen.

Wien. tierärztl. Mschr. 62, 338-341

A N H A N G

Tabelle A 1

Futterangebot (kg pro Tag) für die Kühe aus Versuch 1
(Gruppe 1)

Kuh Nr.	714	655	744	720	674	58
---------	-----	-----	-----	-----	-----	----

Fütterung in der 1. Versuchsperiode

Heu	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Maissilage	19,5	21,5	19,5	18,5	20,0	18,0
Cobs	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Kraftfutter I	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Kraftfutter II	1,0	2,0	2,5	1,5	4,0	1,0
Kraftfutter III	-	-	-	-	-	-

Fütterung in der 2. Versuchsperiode.

Heu	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Maissilage	22,5	25,0	21,5	18,0	20,0	18,0
Cobs	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Kraftfutter I	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Kraftfutter II	-	-	-	-	-	-
Kraftfutter III	1,4	2,7	4,5	3,1	3,3	2,8

Tabelle A 2

Futterangebot (kg pro Tag) für die Kühe aus Versuch 1
(Gruppe 2)

Kuh Nr.	673	62	64	56	59
---------	-----	----	----	----	----

Fütterung in der 1. Versuchsperiode

Heu	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Maissilage	20,5	18,0	19,0	18,0	18,0
Cobs	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Kraftfutter I	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Kraftfutter II	—	—	—	—	—
Kraftfutter III	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0

Fütterung in der 2. Versuchsperiode

Heu	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Maissilage	22,0	18,0	22,0	18,0	18,0
Cobs	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Kraftfutter I	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Kraftfutter II	3,9	3,0	4,3	4,6	3,5
Kraftfutter III	—	—	—	—	—

Tabelle A 3

Berechnung der Protein- und Energieversorgung, ausgedrückt
in kg FCM, für die das aufgenommene Futter bedarfsdeckend ist
(Versuch 1, Gruppe 1)

Kuh Nr. 714	Versuchsperiode 1	Versuchsperiode 2
-------------	-------------------	-------------------

verd. Eiweiß (v. E.)	13,5	14,9
----------------------	------	------

Stärkeeinheiten (StE)	12,3	12,7
-----------------------	------	------

Kuh Nr. 655

v. E.	15,7	19,6
-------	------	------

StE	15,2	16,6
-----	------	------

Kuh Nr. 744

v. E.	16,5	25,2
-------	------	------

StE	16,1	19,2
-----	------	------

Kuh Nr. 720

v. E.	14,6	20,5
-------	------	------

StE	13,6	14,9
-----	------	------

Kuh Nr. 674

v. E.	20,6	22,0
-------	------	------

StE	21,7	17,5
-----	------	------

Kuh Nr. 58

v. E.	12,5	18,8
-------	------	------

StE	12,3	14,8
-----	------	------

Tabelle A 4

Berechnung der Protein- und Energieversorgung, ausgedrückt
in kg FCM, für die das aufgenommene Futter bedarfsdeckend ist
(Versuch 1, Gruppe 2)

Kuh Nr. 673	Versuchsperiode 1	Versuchsperiode 2
-------------	-------------------	-------------------

v. E.	16,1	17,9
-------	------	------

StE	13,1	18,3
-----	------	------

Kuh Nr. 62

v. E.	16,7	16,3
-------	------	------

StE	14,1	16,3
-----	------	------

Kuh Nr. 64

v. E.	16,2	18,3
-------	------	------

StE	13,7	20,5
-----	------	------

Kuh Nr. 56

v. E.	19,2	18,9
-------	------	------

StE	15,2	19,6
-----	------	------

Kuh Nr. 59

v. E.	21,2	17,7
-------	------	------

StE	17,6	18,5
-----	------	------

Tabelle A 5

Körpergewicht, Kraftfutteraufnahme (kg pro Tag) sowie Berechnung der Eiweiß- und Energieaufnahme, ausgedrückt in kg FCM, der Kühe aus Betrieb B (Versuch 2)

Nummer der Kuh	Körper- gewicht (kg)	Kraft- futter (kg/Tag)	Rohprotein für ... kg FCM	Nettoenergie/ Lakt. für ... kg FCM
2	600	12	33,0	30,2
9	550	12	33,3	31,0
20	550	10	30,0	27,1
27	560	11	31,6	28,9
28	600	12	33,0	30,2
29	530	12	33,4	31,4
49	600	10	29,7	26,2
50	600	11	31,3	28,2
60	520	12	33,5	31,5

Tabelle A 6

Futterangebot (kg pro Tag) für die Kühe aus Versuch 5
(Gruppe 1: Kühe im frühen Laktationsstadium)

Nummer der Kuh	Heu	Kraftfutter 1
529	8	15
612	9	16
662	9	17
709	7	13
487	10	19
490	7	12
587	10	18
625	9	15
743	9	15
745	7	12
752	5	10
809	9	15

Tabelle A 7

Futterangebot (kg pro Tag) für die Kühe aus Versuch 5
(Gruppe 2: Kühe im späten Laktationsstadium)

Nummer der Kuh	Heu	Kraftfutter 2
418	7	13
469	10	19
523	8	15
626	7	15
639	9	17
663	7	15
476	8	16
567	8	17
585	7	14
589	8	15
591	8	15
647	7	14

Tabelle A 8

Futterangebot (kg pro Tag) für die Kühe aus Versuch 6
(Gruppe 1)

Nummer der Kuh	Heu	Kraftfutter 1
621	9	16
677	9	15
620	8	14
566	9	17
546	8	13
161	9	17
485	8	14
490	8	14
664	8	15
809	8	15
630	8	15
649	9	16

Tabelle A 9

Futterangebot (kg pro Tag) für die Kühe aus Versuch 6
(Gruppe 2)

Nummer der Kuh	Heu	Kraftfutter 2
720	7	13
472	7	16
523	8	15
643	7	15
631	8	15,5
556	7	14
699	7	13
585	7	14
567	7	16
476	8	15
636	8	15

Tabelle A 10

Futterangebot (kg pro Tag) für die Kühe aus Versuch 7
(Gruppe 1)

Nummer der Kuh	Heu	Kraftfutter 1
567	3,3	21,1
576	8,6	13,6
523	3,3	20,7
591	2,4	15,2
494	6,4	12,8
557	6,8	12,1
160	3,4	16,7
757	3,2	21,1
529	2,8	17,0
556	1,8	16,6
485	8,9	14,1
367	3,2	17,1
496	9,0	14,0
776	1,3	18,2

Tabelle A 11

Futterangebot (kg pro Tag) für die Kühe aus Versuch 7

(Gruppe 2)

Nummer der Kuh	Heu	Kraftfutter 2
490	2,4	16,1
558	1,7	17,0
515	8,7	12,9
504	2,5	18,5
562	3,4	20,3
493	8,2	13,5
579	1,7	14,8
476	7,9	12,4
434	2,9	16,7
499	8,3	12,1
436	2,6	20,6
559	8,6	13,5
428	2,6	16,6
276	3,5	20,8
469	4,4	23,0
489	8,9	13,3
553	2,2	15,8

Herrn Prof. Dr. H. Zucker möchte ich für die Überlassung des Themas und für seine Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit danken.

Für die fachliche Betreuung in Israel bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. Y. Folman und seinen Mitarbeitern vom Volcani-Institut in Bet Dagan sehr herzlich.

Herrn Dr. M. Sachs, Nathanya, danke ich für die Gesamtleitung des Projekts in Israel und vor allem für die überaus herzliche Gastfreundschaft.

Mein Dank gilt auch den Bauern von Kefar Vitkin und den Bewohnern der Kibbuzim Naan und Hamapil für ihr Entgegenkommen bei den Versuchen.

Herrn Prof. Dr. J. Meyer und Herrn Dr. K. Eckart sei für die Betreuung und Durchführung des Fütterungsversuches am Lehr- und Versuchsgut der Tierärztlichen Fakultät der Universität München in Oberschleißheim gedankt.

Der H. W. Schaumann Stiftung, Hamburg, wird für die Finanzierung des Projekts in Israel gedankt.

Lebenslauf

05. 03. 54	geboren in Schierling Vater: Josef Beutlhauser Mutter: Susanne Beutlhauser, geb. Fußeder
1960 - 1964	Volksschule Schierling
1964 - 1973	Albertus-Magnus-Gymnasium Regensburg
08. 06. 73	Abitur
1973 - 1974	Wehrdienst
WS 74/75 - SS 75	Universität Regensburg
WS 75/76 - SS 80	Studium der Tiermedizin an der Universität München
19. 12. 80	Staatsexamen
27. 01. 81	Approbation als Tierarzt

